COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 AVRIL 1873,

PRÉSIDÉE PAR M. BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉLECTRO-CHIMIE. — *Mémoire sur les piles et actions électrocapillaires;* par M. **Becquerel**. (Extrait.)

« J'ai commencé par rappeler, dans ce Mémoire, les recherches que j'ai faites anciennement pour établir les principes à l'aide desquels on a pu former les piles à courant constant, soit à sulfate de cuivre, soit à acide nitrique; ces mêmes principes, en y joignant celui qui est relatif aux actions électrocapillaires dont il a été question dans le précédent Mémoire, m'ont servi également à établir les piles électrocapillaires.

» Le principe des actions électrocapillaires consiste dans la propriété que possèdent les parois humides des espaces capillaires, quelle que soit la nature des corps, de conduire l'électricité à la manière des corps solides conducteurs, d'où résulte des courants qui produisent dans ces espaces des réductions métalliques et d'autres actions chimiques.

» Le couple électrocapillaire, tel qu'il a été décrit dans le précédent Mémoire (*Comptes rendus* du 3 février 1873), se compose d'une éprouvette contenant une dissolution de nitrate ou de sulfate de cuivre, dans laquelle plonge un tube fêlé renfermant une dissolution de monosulfure de sodium, où l'on introduit un tube tamponné par le bout inférieur avec une bande

de papier enroulée en spirale et contenant une dissolution saturée de nitrate ou de sulfate de cuivre; on introduit ensuite dans le tube tamponné une lame de cuivre qui est mise en communication avec une lame mince de même métal enveloppant extérieurement le tube fêlé; cette dernière se trouve ainsi en communication avec le dépôt de cuivre formé dans la fêlure par l'action électrocapillaire.

» Lorsqu'on fait entrer un galvanomètre dans le circuit en rompant la communication, l'aiguille aimantée n'est pas déviée. Cet effet tient à ce qu'il existe, dans le couple, à l'instant qu'il commence à fonctionner, deux courants dirigés en sens contraire, l'un résultant de la réaction du nitrate sur le monosulfure dans le tube tamponné, l'autre provenant de la même réaction dans la fêlure. L'équilibre, toutefois, n'a qu'une courte durée; car, aussitôt que le cuivre commence à se déposer sur les parois de la fêlure, celles-ci deviennent meilleures conductrices, et le courant du tube tamponné a l'avantage sur le courant électrocapillaire, tandis que le courant de la fissure perd peu à peu de son intensité par sa transformation en courant électrocapillaire, qui chemine en sens inverse, et par conséquent dans la même direction que celle du tube tamponné. Il arrive un instant où ce dernier est annulé complétement, de sorte qu'il ne reste plus que le courant du tube tamponné, qui a la même intensité que le couple simple composé d'un tube tamponné contenant une dissolution de nitrate de cuivre plongeant dans une autre de monosulfure et fermant le circuit avec deux lames de platine. Il résulte de cet état de choses que, dans le couple électrocapillaire, le courant qui opère des réductions métalliques et autres réactions chimiques a une intensité double de celle du même courant du tube tamponné; elle est triple avec deux couples réunis en tension, etc., etc.

» On n'a pas tardé à reconnaître que les fêlures pratiquées dans des tubes présentent des inconvénients assez grands quand elles sont remplies de cuivre précipité : les tubes finissent par éclater. On évite cet inconvénient à l'aide du dispositif suivant :

» On prend un tube de 1 à 2 décimètres de longueur et de 2 centimètres de diamètre; on coupe ce tube en anneaux de 2 centimètres de hauteur; les sections sont usées à l'émeri sur un plan horizontal, afin de pouvoir les adapter aussi parfaitement que possible les uns sur les autres. Entre les joints, on place des feuilles minces de platine battu et qui sont mises en communication avec la lame de cuivre du tube tamponné. Ce couple donne alors immédiatement tout son effet, attendu que les bandes de feuille mince de platine remplacent le cuivre déposé. Il résulte de cette disposition que

l'électrode positive comme l'électrode négative se recouvrent de cuivre; la première n'est donc pas oxydée, par cela même qu'elle participe de l'état négatif des parois de la fêlure recouvertes de platine pur, de cuivre. Les anneaux sont reliés entre eux au moyen de deux petites plaques de cuivre placées aux deux extrémités du tube et traversées par trois tiges de même métal pourvues de vis et d'écrous, à l'aide desquels on presse à volonté ces anneaux les uns contre les autres.

» Des couples semblables, réunis en tension, constituent des piles fonctionnant comme des piles ordinaires à courant constant, pourvu que les dissolutions soient maintenues au maximum de concentration.

» Les forces électromotrices des couples à cadmium, zinc et sulfates des mêmes bases, à sulfate de cuivre et à acide nitrique, sont les suivantes :

1° Couple à cadmium, sulfate de cadmium, zinc, sulfate de zinc....	1
2° Couple électrocapillaire..................................	$2\frac{1}{2}$
3° Couple à sulfate de cuivre..................................	3
4° Couple à acide nitrique..................................	5

» La pile électrocapillaire n'est point destinée à produire de grands effets chimiques ou calorifiques, bien qu'elle ait une force électromotrice qui est les trois quarts de celle d'un couple à sulfate de cuivre; cela tient à ce que sa résistance est considérable, à cause des liquides et des espaces capillaires humectés de ces mêmes liquides que traverse le courant; mais elle peut servir utilement quand il s'agit de produire des actions lentes, continues et constantes, soit dans le règne organique, soit dans le règne inorganique. Les couples n'ont besoin, de temps à autre, que d'être démontés pour enlever une partie du cuivre précipité dans les fêlures, qui finiraient par s'obstruer.

» Dans la seconde partie du Mémoire, on expose les actions électrocapillaires produites quand un précipité métallique, ou non, humecté d'eau distillée ou d'une dissolution, est en contact avec une lame de métal plus ou moins oxydable, placée entre deux lames de verre et mastiquées sur les bords, afin d'empêcher, autant que possible, l'évaporation de l'eau et l'entrée de l'air, ce qui est très-difficile. Tous les effets chimiques produits sont dus au concours simultané des affinités et des courants électrocapillaires qui naissent de l'oxydation du métal. Voici comment on peut établir le principe : le métal s'oxyde aux dépens de l'oxygène de l'eau, qui est décomposée, et rend libre, de l'électricité négative, le liquide de l'électricité positive; or, chaque particule de précipité étant entourée d'une

couche de liquide infiniment mince, se comporte comme un corps solide conducteur; il se produit alors un effet électrochimique semblable à celui que l'on observe quand une lame de zinc, plongeant dans l'eau, est mise en contact avec une tige de cuivre; on a alors un couple voltaïque qui agit électrochimiquement.

» En opérant, avec une lame de zinc, du chromate de plomb, humecté d'eau distillée, il se forme avec le temps du chromate bibasique de plomb à l'état plus ou moins cristallin du chromate de zinc.

» En substituant le fer au zinc, on obtient encore le chromate bibasique cristallisé en aiguilles, du sesquioxyde de fer, de l'oxyde magnétique en lamelles brillantes, mélangé de chromate de fer et d'oxyde de plomb.

» L'analyse a été faite de tous ces produits, dont la formation prouve qu'il y a eu transport d'éléments et, par conséquent, mise en action de forces physiques qui seules peuvent l'opérer.

» On mentionne encore la formation du double oxalate cristallisé de potasse et de cuivre, qui a eu lieu dans un appareil composé d'un tube fermé par un bout avec du papier parchemin et contenant une dissolution saturée de nitrate de cuivre et d'une éprouvette renfermant une dissolution d'oxalate de potasse, où plongeait le tube. Ces deux dissolutions étaient séparées par le papier parchemin et se trouvaient en contact dans les pores du papier où elles réagissaient l'une sur l'autre, en produisant une double décomposition, d'où sont résultés un double oxalate et du nitrate de potasse; le double oxalate s'est déposé en cristaux sur la surface extérieure du papier, du côté de l'oxalate, tandis que le nitrate de potasse est entré dans le tube où se trouvait le nitrate. Cette action est due au courant électrocapillaire produit dans les pores de la cloison, comme cela a lieu dans les tubes fêlés.

» L'arragonite cristallisée, formée sur du gypse ayant séjourné pendant un certain nombre d'années dans une dissolution de bicarbonate de potasse, a été expliquée également en faisant intervenir les courants électrocapillaires, qui ont toujours lieu quand un corps solide est en contact avec un liquide qui réagit sur lui. Cette substance forme une croûte d'une certaine épaisseur sur le gypse.

» Les recherches dont il est question montrent l'importance de l'intervention des courants électrocapillaires dans les phénomènes naturels où les affinités se manifestent lentement; elles m'ont conduit à examiner les opinions qui ont été émises par les physiciens et les chimistes les plus éminents sur la nature des affinités, à une époque où les forces qui font l'objet de ce Mémoire n'étaient pas connues.

» Après avoir rapporté les opinions émises par les physiciens et les chimistes sur la nature des affinités, et notamment celle de M. Chevreul, qui a envisagé la question sous le point de vue le plus général, en prenant en considération toutes les causes qui exercent sur elles une influence, savoir : 1° les forces chimiques comprenant la cohésion et l'affinité; 2° les forces physiques, comprenant la chaleur, l'électricité et la lumière; 3° une force inconnue agissant au contact, sans fournir aucun élément aux composés; 4° enfin la division, la compression et la pesanteur. Quant à la force inconnue, appelée *catalytique* par Berzélius, il peut en exister plusieurs, parmi lesquelles se range la force électrocapillaire.

» Après avoir rapporté, dis-je, toutes ces opinions, j'ai résumé, comme il suit, mes observations sur cet important sujet:

» Dans les changements moléculaires et les transformations chimiques des corps, il se produit des effets calorifiques, électriques et quelquefois des effets lumineux, effets qui deviennent également causes des affinités; mais les forces qui les produisent dérivent-elles d'un même principe? se transforment-elles l'une dans l'autre? Quand un même effet est produit dans les corps, la somme des actions calorifiques, électriques, qui est équivalente, est-elle constante? On peut le supposer, mais cela n'est pas démontré.

» Il est vraisemblable que la chaleur étant due au mouvement vibratoire communiqué aux particules des corps, il doit en être de même de la lumière, qui ne semble différer de la chaleur que par la vitesse du mouvement vibratoire.

» Quant à l'électricité, rien n'indique d'une manière certaine qu'elle provienne d'un mouvement vibratoire ou d'une concentration d'un fluide pénétrant tous les corps et qui est inhérent à leurs particules. Au surplus, en ce qui concerne cet agent et le magnétisme, on ne connaît aucune hypothèse certaine pour rendre compte des effets produits.

» Lorsqu'on chauffe un corps, son volume change; réciproquement, quand le volume change, il y a production d'effets calorifiques. Si l'action moléculaire n'intervenait pas, il y aurait équivalence entre le travail exécuté et la quantité de chaleur émise ou absorbée : c'est ce que l'on obtient avec les gaz loin de leur changement d'état; mais lorsque des changements moléculaires ont lieu, ils correspondent à une somme de chaleur absorbée ou émise.

» Dans les changements d'état, sans changement de température, l'effet produit peut être mesuré par un effet calorifique constant, comme l'est

celui de l'échauffement et du refroidissement d'une quantité d'eau déterminée. On conçoit alors que, dans ces circonstances, les effets calorifiques puissent servir de mesure aux actions produites. Si l'on compare également les quantités de chaleur nécessaires pour élever d'un même nombre de degrés la température des équivalents des corps, on trouve des nombres égaux, comme l'indique la loi des chaleurs spécifiques de Dulong et Petit.

» Dans les actions chimiques, on observe aussi des effets calorifiques, mais ils n'indiquent que les résultantes d'effets fort complexes, tels que rapprochement ou éloignement des molécules, groupement particulier, etc., etc. Ces effets calorifiques ne sont donc pas aussi simples que dans les cas précédents.

» En ce qui concerne le dégagement de l'électricité dans le changement d'état des corps, on ne trouve rien. Lorsque les corps sont inégalement chauds, s'ils sont liquides, on n'observe aucun effet thermo-électrique; quand ils sont solides et surtout quand les parties en contact sont différentes de nature, ils deviennent sensibles; cependant, eu égard aux effets produits dans les actions chimiques, ils sont peu énergiques et ne peuvent servir à mesurer les effets produits. En général, avec les métaux, ceux qui ont le plus de chaleur spécifique sont électropositifs.

» Dans les actions chimiques dues à l'électricité, contrairement à ce qui se passe avec la chaleur, les lois sont plus simples, car 1 équivalent d'électricité décompose 1 équivalent d'un corps composé soumis à l'action décomposante de l'électricité : ce ne sont là encore que des rapports entre les effets produits par ces forces.

» Les actions électrocapillaires, qui sont dues au concours des affinités, de l'électricité et de l'attraction moléculaire, introduisent un nouvel élément dans la question, et ne sauraient être invoquées pour montrer que les affinités ont une origine calorifique; c'est le contraire, comme je l'ai montré.

» Si l'on peut mesurer dans certains cas les actions chimiques au moyen des effets de chaleur produits, il n'en est pas de même en employant les deux électricités devenues libres dans les mêmes circonstances; car ces deux électricités suivent tous les conducteurs qui se présentent à elles, même les couches liquides infiniment minces qui adhèrent aux corps non conducteurs pour réformer ce qu'on appelle le *fluide neutre*. Ces recompositions, en produisant souvent des courants électrocapillaires, aident aux réactions chimiques et compliquent singulièrement la question des affinités, comme on l'a démontré dans le Mémoire, en parlant des effets produits par ces courants.

» On fait remarquer en outre que, dans les réactions chimiques produites sous l'influence de la chaleur, telle que la fusion, rien ne prouve qu'il n'y ait pas des courants électrocapillaires agissant comme forces chimiques; cette question sera traitée dans un prochain Mémoire.

» En résumé, nous dirons que, dans l'état actuel de nos connaissances physico-chimiques, il n'est guère possible d'attribuer aux affinités une origine calorifique plutôt qu'une origine électrique, et réciproquement. Quelle est donc cette origine? Le temps nous l'apprendra; elle se rattache probablement à l'attraction universelle. En attendant, étudions toutes les causes qui exercent une influence sur les affinités, seul moyen de soulever le voile qui couvre ce mystère. »

GÉODÉSIE. — *Nouveau mode d'application du troisième théorème sur les attractions locales au contrôle des réseaux géodésiques et à la détermination de la vraie figure de la Terre;* par M. YVON VILLARCEAU. (Extrait par l'auteur.)

« En présentant à l'Académie une première solution du problème des surfaces de niveau, le 28 décembre 1868, j'indiquais une autre solution, fondée sur la considération des normales à une même surface de niveau, et l'existence d'une équation de condition entre les données; j'indiquais en même temps le parti que l'on pourrait tirer de cette équation pour le contrôle des opérations géodésiques. Dans la séance du 2 octobre 1871, j'ai présenté, sous une forme simple, l'équation différentielle de la surface de niveau, et j'en ai déduit l'équation de condition qui constitue le troisième théorème sur les attractions locales. L'intégration de l'équation différentielle a été effectuée au moyen des séries trigonométriques procédant suivant les sinus et cosinus des multiples des longitudes et latitudes géodésiques.

» L'intégration ainsi obtenue peut rencontrer dans la pratique des difficultés qu'on ne parviendrait à lever qu'en recommençant le travail déjà effectué : par exemple, ce n'est qu'après avoir effectué des interpolations, que l'on parviendra à reconnaître si, dans certaines régions accidentées, le nombre des stations astronomiques est ou n'est pas suffisant pour déterminer convenablement les inflexions de la surface de niveau. Si donc on arrive à reconnaître la nécessité d'augmenter le nombre des stations dans ces régions, on sera conduit à recommencer les intégrations dans toute l'étendue des lignes géodésiques qui les traversent.

» Le problème que nous voulons résoudre aujourd'hui est le suivant : Les stations astronomiques étant, par exemple, à peu près équidistantes,

dans le sens des méridiens et des parallèles, déterminer la figure des surfaces de niveau, dans une étendue comprenant un nombre restreint de points, tel que cinq au moins, et neuf à treize tout au plus, au moyen de l'altitude supposée connue d'un point central ; les ordonnées de la surface de niveau par rapport à la surface du sphéroïde de comparaison étant ainsi connues dans l'espace considéré, on prendrait l'une des stations situées à la limite de cet espace, comme point central d'une nouvelle circonscription, et en opérant ainsi de proche en proche, dans une direction déterminée, on obtiendrait les ordonnées de la surface de niveau dans toute l'étendue d'une zone de plusieurs degrés de largeur. La vérification de l'exactitude des résultats reposerait alors sur l'identité des cotes d'altitude obtenues pour une même station, qui se trouverait faire partie de plusieurs zones distinctes. Toutefois on doit remarquer que si, au lieu de diriger l'axe des zones suivant une ligne géodésique, on infléchit l'axe de la première zone parallèlement au contour de la première circonscription, les deux extrémités de la zone coïncideront, ce qui fournira la vérification la plus directe; en outre, la zone et l'espace intérieur déjà déterminé auront de nombreux points communs qui fourniront autant de vérifications distinctes. Dans cette manière de procéder, s'il arrive que, dans une région, il soit nécessaire de faire de nouvelles stations astronomiques, la partie des calculs qu'il faudra reprendre se trouvera limitée à cette même région. En continuant ainsi, on ne sera pas exposé à reprendre un ensemble de calculs déjà effectués, et l'on sera en possession d'une base solide, sur laquelle pourront s'appuyer avec sécurité les déterminations relatives aux zones extérieures.

» Dans ce travail, nous ferons usage des développements en séries ordonnées suivant les puissances et produits des différences des coordonnées des points considérés et du point central. Comme on peut employer les coordonnées angulaires et les coordonnées linéaires, il est clair que les développements pourront s'obtenir sous des formes différentes.

» 1° *Emploi des coordonnées angulaires.* — En conservant les notations de la Communication du 2 octobre 1871, et négligeant les termes du second ordre par rapport aux attractions locales, on réduit l'équation différentielle (18) de la surface du niveau à

$$(36)\qquad d\Delta = -\frac{a^2c^2}{V^3}\sin(L'-L)dL - a\cos\lambda\cos L\sin(\mathfrak{L}'-\mathfrak{L})d\mathfrak{L},$$

équation dans laquelle on peut remplacer V et $a\cos\lambda$ par leurs valeurs en fonctions de L; les équations (13) donnent à cet effet

$$(37)\qquad V^2 = a^2\cos^2 L + c^2\sin^2 L,\quad a\cos\lambda = \frac{a^2}{V}\cos L.$$

Soient L_i et $\mathcal{L}_i$ les latitude et longitude géodésiques d'un point pris dans le voisinage du centre d'un groupe de stations peu éloignées, L et $\mathcal{L}$ désignant les coordonnées de l'une quelconque des autres; nous poserons

$$(38)\qquad s = \mathcal{L} - \mathcal{L}_i, \quad t = \mathrm{L} - \mathrm{L}_i,$$

$$(39)\qquad \sigma = -\frac{a^2}{\mathrm{V}}\cos^2\mathrm{L}\sin(\mathcal{L}' - \mathcal{L}), \quad \tau = -\frac{a^2c^2}{\mathrm{V}^3}\sin(\mathrm{L}' - \mathrm{L});$$

en conséquence, l'équation différentielle (36) deviendra

$$(40)\qquad d\Delta = \tau dt + \sigma ds,$$

et la condition que cette différentielle soit exacte sera

$$(41)\qquad \frac{d\tau}{ds} = \frac{d\sigma}{dt}.$$

En supposant celle-ci satisfaite, on aura pour intégrale

$$(42)\qquad \Delta - \Delta_i = \int \tau dt + \int\left(\sigma - \int\frac{d\tau}{ds}dt\right)ds,$$

où Δ_i est la constante arbitraire.

» Pour faire usage de cette formule, il convient de développer en séries les fonctions σ et τ : désignant par $\alpha, \beta, \gamma, \ldots, \alpha', \beta', \gamma', \ldots$ des constantes à déterminer, nous poserons

$$(43)\begin{cases} \sigma = \sigma_i + \alpha s + \beta t + \gamma s^2 + \varepsilon st + \varkappa t^2 + \upsilon s^3 + \varphi s^2 t + \chi st^2 + \psi t^3 + \ldots, \\ \tau = \tau_i + \alpha' s + \beta' t + \gamma' s^2 + \varepsilon' st + \varkappa' t^2 + \upsilon' s^3 + \varphi' s^2 t + \chi' st^2 + \psi' t^3 + \ldots, \end{cases}$$

et nous aurons

$$\frac{d\tau}{ds} = \alpha' + 2\gamma' s + \varepsilon' t + 3\upsilon' s^2 + 2\varphi' st + \chi' t^2 + \ldots,$$

$$\frac{d\sigma}{dt} = \beta + \varepsilon s + 2\varkappa t + \varphi s^2 + 2\chi st + 3\psi t^2 + \ldots.$$

Or ces deux expressions devant satisfaire à l'équation de condition (41), quelles que soient les valeurs des variables s et t, on en déduit les relations suivantes entre les coefficients :

$$(44)\qquad \alpha' = \beta, \quad 2\gamma' = \varepsilon, \quad \varepsilon' = 2\varkappa, \quad 3\upsilon' = \varphi, \quad 2\varphi' = 2\chi, \quad \chi' = 3\psi, \ldots.$$

Au moyen de ces valeurs, la seconde équation (43) devient

$$(45)\qquad \begin{cases} \tau = \tau_i + \beta s + \beta' t + \frac{1}{2}\varepsilon s^2 + 2\varkappa st + \varkappa' t^2 + \frac{1}{3}\varphi s^3 + \chi s^2 t \\ \quad + 3\psi st^2 + \psi' t^3 + \ldots, \end{cases}$$

et l'on a

$$(46)\qquad \frac{d\tau}{ds} = \beta + \varepsilon s + 2\varkappa t + \varphi s^2 + 2\chi st + 3\psi t^2 + \ldots,$$

développement qui coïncide avec celui de $\frac{d\sigma}{dt}$.

» La détermination des inconnues doit être effectuée au moyen de la première équation (43) et de l'équation (45) prises simultanément; il faut seulement observer (considérant la présence du facteur $\cos^2 L$ dans l'expression (39) de σ) qu'il conviendra de diviser la première équation (43) par $\cos L$, avant de la combiner avec l'équation (45); autrement, les équations n'auraient pas des poids égaux ou du moins comparables. Au moyen d'un nombre convenable de valeurs de σ et τ, on pourra déterminer les diverses inconnues qui comprendront tous les coefficients du développement de σ, et en outre les coefficients τ_i, β', $\varkappa'$, ψ', ... du développement de τ. Les erreurs résiduelles des diverses équations mettront en évidence l'accord ou la discordance des données de l'observation et offriront un moyen de contrôle.

» De l'expression (46) on déduit

$$-\int \frac{d\tau}{ds} dt = -\beta t - \varepsilon st - \varkappa t^2 - \varphi s^2 t - \chi st^2 - \psi t^3 - \ldots.$$

Ajoutant cette expression avec le développement (43) de σ, il vient

$$\sigma - \int \frac{d\tau}{ds} dt = \sigma_i + \alpha s + \gamma s^2 + \upsilon s^3 + \ldots;$$

d'où

$$\int \left(\sigma - \int \frac{d\tau}{ds} dt\right) ds = \sigma_i s + \frac{1}{2}\alpha s^2 + \frac{1}{3}\gamma s^3 + \frac{1}{4}\upsilon s^4 + \ldots:$$

on a d'ailleurs, en vertu de l'équation (45),

$$\int \tau dt = \tau_i t + \beta st + \frac{1}{2}\beta' t^2 + \frac{1}{2}\varepsilon s^2 t + \varkappa st^2 + \frac{1}{3}\varkappa' t^3 + \frac{1}{3}\varphi s^3 t + \frac{1}{2}\chi s^2 t^2 + \psi st^3 + \frac{1}{4}\psi' t^4 + \ldots.$$

» La somme de ces deux expressions fournit, suivant la formule (42), l'intégrale cherchée

$$(47)\qquad \left\{\begin{aligned} \Delta - \Delta_i = {} & \sigma_i s + \tau_i t + \frac{1}{2}\alpha s^2 + \beta st + \frac{1}{2}\beta' t^2 + \frac{1}{3}\gamma s^3 + \frac{1}{2}\varepsilon s^2 t + \varkappa st^2 \\ & + \frac{1}{3}\varkappa' t^3 + \frac{1}{4}\upsilon s^4 + \frac{1}{3}\varphi s^3 t + \frac{1}{2}\chi s^2 t^2 + \psi st^3 + \frac{1}{4}\psi' t^4 + \ldots. \end{aligned}\right.$$

» Dans les applications numériques, les quantités s et t seront expri-

mées par leurs valeurs en nombres abstraits ou en rapports d'arc au rayon.

» 2° *Emploi des coordonnées linéaires.* — Pour faire comprendre comment on est conduit à choisir les coordonnées dont il s'agit, nous ferons subir quelques transformations à l'équation différentielle (36).

» Désignons par $\mathfrak{R}$ le rayon de courbure de la section méridienne au point (L, $\mathfrak{L}$), et $\mathfrak{P}$ le rayon du parallèle de latitude L, dont la valeur est $\sqrt{x^2+y^2}$; nous aurons

$$(48)\qquad \frac{a^2c^2}{V^3} = \mathfrak{R},\quad a\cos\lambda = \mathfrak{P},$$

relations dont la seconde se déduit de la première équation (12).

» Posons encore

$$(49)\qquad \mu = a\sin(L'-L),\quad \varpi = a\cos L\sin(\mathfrak{L}'-\mathfrak{L});$$

l'équation (36) multipliée par $-a$ deviendra

$$(50)\qquad -a\,d\Delta = \mu\mathfrak{R}\,dL + \varpi\mathfrak{P}\,d\mathfrak{L}:$$

le facteur a, introduit ici, a pour objet de rendre plus claire l'interprétation géométrique de l'équation de condition relative à l'intégrabilité. Cette équation est

$$\frac{d.\mu\mathfrak{R}}{d\mathfrak{L}} = \frac{d.\varpi\mathfrak{P}}{dL},$$

ou, en observant que $\mathfrak{R}$ n'est pas fonction de $\mathfrak{L}$,

$$\mathfrak{R}\frac{d\mu}{d\mathfrak{L}} = \mathfrak{P}\frac{d\varpi}{dL} + \varpi\frac{d\mathfrak{P}}{dL}.$$

Or on a, en vertu des relations (37) et (48),

$$(51)\qquad \mathfrak{P} = \frac{a^2}{V}\cos L.$$

Différentiant cette équation, et ayant égard à la première équation (37) qui donne

$$(52)\qquad V\frac{dV}{dL} = -(a^2-c^2)\sin L\cos L,$$

il vient

$$(53)\qquad \left\{\begin{aligned} \frac{d\mathfrak{P}}{dL} &= -\frac{a^2}{V}\sin L - \frac{a^2}{V^2}\frac{dV}{dL}\cos L = -\frac{a^2}{V}\sin L\left[1-(a^2-c^2)\frac{\cos^2 L}{V^2}\right]\\ &= -\frac{a^2c^2}{V^3}\sin L = -\mathfrak{R}\sin L.\end{aligned}\right.$$

Substituant cette valeur dans l'équation de condition, et divisant ensuite par $\mathfrak{R}\mathfrak{L}$, on trouve

$$(54)\qquad \frac{1}{\mathfrak{L}}\frac{d\mu}{d\mathfrak{L}} = \frac{1}{\mathfrak{R}}\frac{d\varpi}{dL} - \frac{\varpi}{\mathfrak{L}}\sin L,$$

résultat qui peut se mettre sous une autre forme. Suivant le premier théorème sur les attractions locales, on a

$$\sin(Z' - Z) + \sin L(\mathfrak{L}' - \mathfrak{L}) = 0,$$

équation qui, combinée avec la deuxième (49), donne

$$(55)\qquad \varpi \sin L = -a\cos L \sin(Z' - Z);$$

d'où, en vertu de l'équation (51),

$$(56)\qquad -\frac{\varpi}{\mathfrak{L}}\sin L = \frac{V}{a}\sin(Z' - Z).$$

» Posons, pour abréger,

$$(57)\qquad \zeta = \frac{V}{a}\sin(Z' - Z), \quad \text{d'où} \quad -\varpi\sin L = \mathfrak{L}\zeta;$$

l'équation (54) donnera, moyennant une transposition de termes,

$$(58)\qquad \frac{1}{\mathfrak{L}}\frac{d\mu}{d\mathfrak{L}} - \frac{1}{\mathfrak{R}}\frac{d\varpi}{dL} = \zeta.$$

» Telle est la nouvelle forme que prend le troisième théorème sur les attractions locales.

» Nommons, pour abréger, perturbations de la latitude et de la longitude produites par les attractions locales, les quantités μ et ϖ, et de même, perturbation de l'azimut, la quantité ζ, qui n'en diffère que de quantités de l'ordre de l'aplatissement du sphéroïde terrestre; concevons deux surfaces dont les ordonnées, par rapport à la surface du sphéroïde, soient respectivement μ et ϖ; considérons l'intersection de la première de ces surfaces par le plan du premier vertical du point $(L\,\mathfrak{L})$, et celle de la seconde surface par le méridien; menons les tangentes à ces courbes, aux points dont les coordonnées communes sont L, $\mathfrak{L}$: nous observerons que le premier terme de l'équation (58) est l'inclinaison de la première tangente sur l'horizontale dirigée vers l'ouest. Le deuxième terme est égal, en faisant abstraction du signe qui le précède, à l'inclinaison de la deuxième tangente sur le côté nord de l'horizontale située dans le méridien. Si

donc, eu égard à la petitesse de μ, ϖ et ζ, on substitue les angles à leurs tangentes ou sinus, on pourra énoncer le troisième théorème en ces termes : *L'inclinaison de la courbe des perturbations de la latitude sur l'horizon ouest, diminuée de l'inclinaison de la courbe des perturbations de la longitude sur l'horizon nord, est égaleà la perturbation de l'azimut.*

» Ce résultat nous a conduit à remplacer les latitudes et longitudes par les arcs de méridien et de parallèle.

» Soient : m l'arc de méridien compris entre les latitudes L et L_i, p l'arc de parallèle à la latitude L, compris entre les méridiens de longitudes $\mathfrak{L}$ et $\mathfrak{L}_i$; nous aurons

(59) $$m = \int_{L_i}^{L} \mathfrak{R}\, dL, \quad p = \mathfrak{P}(\mathfrak{L} - \mathfrak{L}_i),$$

d'où

(60) $$dm = \mathfrak{R}\, dL, \qquad dp = \mathfrak{P}\, d\mathfrak{L} + (\mathfrak{L} - \mathfrak{L}_i)\, d\mathfrak{P},$$

et, en ayant égard aux relations (53) et (59),

(61) $$dp = \mathfrak{P}\, d\mathfrak{L} - \frac{p}{\mathfrak{P}} \sin L . \mathfrak{R}\, dL.$$

» Au moyen de ces relations, jointes à la 2ᵉ équation (57), on éliminera aisément $\mathfrak{P}\, d\mathfrak{L}$ et $\mathfrak{R}\, dL$ de l'équation (50), et l'on aura

(62) $$-a\, d\Delta = (\mu - p\zeta)\, dm + \varpi\, dp.$$

L'équation de condition relative à l'intégralité de celle-ci peut s'écrire

(63) $$\frac{d\mu}{dp} - \left(\frac{d\varpi}{dm}\right) = \zeta + p\frac{d\zeta}{dp}.$$

» Pour intégrer actuellement l'équation (62), nous allons former les expressions de μ, ϖ et ζ, suivant les puissances et produits de m et de p.

» Posons en conséquence

(64) $$\left\{\begin{aligned} \varpi &= \varpi_i + \mathrm{a}p + \mathrm{b}m + \mathrm{c}p^2 + \mathrm{e}pm + \mathrm{f}m^2 + \mathrm{g}p^3 + \mathrm{h}p^2 m \\ &\qquad + \mathrm{k}pm^2 + \mathrm{l}m^3 + \ldots, \\ \mu &= \mu_i + \mathrm{a}'p + \mathrm{b}'m + \mathrm{c}'p^2 + \mathrm{e}'pm + \mathrm{f}'m^2 + \mathrm{g}'p^3 + \mathrm{h}'p^2 m \\ &\qquad + \mathrm{k}'pm^2 + \mathrm{l}'m^3 + \ldots, \\ \zeta &= \zeta_i + \mathrm{a}''p + \mathrm{b}''m + \mathrm{c}''p^2 + \mathrm{e}''pm + \mathrm{f}''m^2 + \ldots; \end{aligned}\right.$$

nous aurons successivement

$$\frac{d\mu}{dp} = \mathrm{a}' + 2\mathrm{c}'p + \mathrm{e}'m + 3\mathrm{g}'p^2 + 2\mathrm{h}'pm + \mathrm{k}'m^2 + \ldots,$$

$$\left(\frac{d\varpi}{dm}\right) = \mathrm{b} + \mathrm{e}p + 2\mathrm{f}m + \mathrm{h}p^2 + 2\mathrm{k}pm + 3\mathrm{l}m^2 + \ldots,$$

$$p\frac{d\zeta}{dp} = \mathrm{a}''p + 2\mathrm{c}''p^2 + \mathrm{e}''pm + \ldots,$$

$$\frac{d\mu}{dp} - \left(\frac{d\varpi}{dm}\right) = \mathrm{a}' - \mathrm{b} + (2\mathrm{c}' - \mathrm{e})p + (\mathrm{e}' - 2\mathrm{f})m + (3\mathrm{g}' - \mathrm{h})p^2 + (2\mathrm{h}' - 2\mathrm{k})pm + (\mathrm{k}' - 3\mathrm{l})m^2 + \ldots,$$

$$\zeta + p\frac{d\zeta}{dp} = \zeta_i + 2\mathrm{a}''p + \mathrm{b}''m + 3\mathrm{c}''p^2 + 2\mathrm{e}''pm + \mathrm{f}''m^2 + \ldots.$$

Or ces deux derniers développements devant être égaux, en vertu de l'équation de condition (63), quelles que soient les valeurs des variables p et m, on en déduit, entre les trois suites de coefficients, les relations

$$(65)\quad \begin{cases} \mathrm{a}' - \mathrm{b} = \zeta_i, & 2\mathrm{c}' - \mathrm{e} = 2\mathrm{a}'', \quad \mathrm{e}' - 2\mathrm{f} = \mathrm{b}'', \\ 3\mathrm{g}' - \mathrm{h} = 3\mathrm{c}'', & 2\mathrm{h}' - 2\mathrm{k} = 2\mathrm{e}'', \quad \mathrm{k}' - 3\mathrm{l} = \mathrm{f}'' \ldots. \end{cases}$$

» Substituant dans le développement de ζ les valeurs de ζ_i, a'', b'', c''... que donnent ces relations, on obtient cette expression de ζ

$$(66)\quad \begin{cases} \zeta = \frac{\mathrm{V}}{a}\sin(\mathrm{Z}' - \mathrm{Z}) = \mathrm{a}' - \mathrm{b} + \left(\mathrm{c}' - \frac{1}{2}\mathrm{e}\right)p + (\mathrm{e}' - 2\mathrm{f})m + \left(\mathrm{g}' - \frac{1}{3}\mathrm{h}\right)p^2 \\ \qquad + (\mathrm{h}' - \mathrm{k})pm + (\mathrm{k}' - 3\mathrm{l})m^2 + \ldots. \end{cases}$$

» Les inconnues ϖ_i, μ_i, a, b, c,...., a', b', c',... s'obtiendront en résolvant simultanément les deux premières équations (64) et l'équation (66), au moyen d'un nombre suffisant de systèmes de valeurs censées connues de ϖ, μ et ζ. Dans ces équations, les quantités observées sont engagées sous une forme qui rend immédiatement comparables les erreurs de leurs premiers membres. La possibilité de représenter les données au moyen d'un nombre beaucoup moindre de coefficients offrira un moyen de contrôle auquel concourront à la fois les longitudes, les latitudes et les azimuts.

» Soit

$$(67)\qquad \mathrm{M} = \mu - p\zeta;$$

d'où

$$\mathrm{M} = \mu_i + \mathrm{b}p + \mathrm{b}'m + \frac{1}{2}\mathrm{e}p^2 + 2\mathrm{f}pm + \mathrm{f}'m^2 + \frac{1}{3}\mathrm{h}p^3 + \mathrm{k}p^2m + 3\mathrm{l}pm^2 + \mathrm{l}'m^3 + \ldots;$$

l'équation (62) deviendra

$$(68)\qquad -a\,d\Delta = \mathrm{M}\,dm + \varpi\,dp.$$

On vérifiera aisément que la condition $\frac{d\mathrm{M}}{dp} = \frac{d\varpi}{dm}$ est satisfaite.

» En appliquant à l'intégration de l'équation (68) le mode de calcul qui a été suivi à l'égard de l'équation (40), on obtient finalement

$$(69)\quad \begin{cases} a(\Delta_i - \Delta) = \varpi_i p + \mu_i m + \frac{1}{2}\mathrm{a}p^2 + \mathrm{b}pm + \frac{1}{2}\mathrm{b}'m^2 + \frac{1}{3}\mathrm{c}p^3 \\ \qquad + \frac{1}{2}\mathrm{e}p^2 m + \mathrm{f}pm^2 + \frac{1}{3}\mathrm{f}'m^3 + \frac{1}{4}\mathrm{g}p^4 \\ \qquad + \frac{1}{3}\mathrm{h}p^3 m + \frac{1}{2}\mathrm{k}p^2 m^2 + \mathrm{l}pm^3 + \frac{1}{4}\mathrm{l}'m^4 + \ldots \end{cases}$$

» Ce développement, poussé jusqu'aux termes du 4ᵉ ordre, sera sans doute suffisant, lorsque les distances en longitude et latitude des stations au point central ne dépasseront pas $1\frac{1}{2}$ à 2 degrés. Dans tous les cas, la résolution des équations (64) et (66) permettra toujours de limiter les termes des développements au nombre convenable.

» Les formules (47) ou (69) nous paraissent résoudre le problème des surfaces de niveau de la manière qui se prête le mieux aux exigences de la pratique.

» Dans une autre Communication, nous examinerons l'influence que pourrait avoir sur les résultats la correction des éléments du calcul des positions géodésiques. »

HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE. — *Sur la découverte de la variation par Aboul-Wefâ;* Note de M. **Chasles**.

« Dans ces derniers temps, notre confrère M. Bertrand a réintroduit la question du texte d'Aboul-Wefâ relatif à une troisième inégalité de la Lune, où M. Sédillot avait reconnu la *variation;* question qui avait tant occupé l'Académie, et sur laquelle j'avais eu l'occasion depuis d'exprimer aussi mon opinion, en 1862 (1), savoir : que la troisième inégalité d'Aboul-Wefâ était bien la *variation,* et qu'Aboul-Wefâ l'ajoutait à celle que Ptolémée avait introduite comme rectification des deux premières inégalités, et qu'il avait appelée *prosneuse*, parce qu'elle s'effectuait par une *déviation* de l'axe de l'épicycle lunaire.

---

(1) *Comptes rendus,* t. LIV, p. 1002.

» M. Bertrand a combattu ce système dans sa Communication à l'Académie du 4 septembre 1871, suivie immédiatement de réponses et de répliques, où j'ai maintenu toutes les parties de ma dissertation de 1862 (*Comptes rendus*, 4, 11, 25 septembre, 2, 9 et 16 octobre).

» Mais, très-peu de temps après, notre confrère est revenu sur la question dans le *Journal des Savants* d'octobre 1871, où, en reproduisant sa Communication de septembre à l'Académie, il a cherché à la fortifier d'une nouvelle réfutation des arguments qui lui avaient été opposés (1). Si cela avait eu lieu à l'Académie, j'aurais répondu sans différer; mais la question était portée cette fois au *Journal des Savants*, et l'usage, comme le caractère propre de ce renommé et utile Recueil, ne m'aurait point permis d'intervenir, ni pour réfuter les raisons qui m'étaient opposées, ni pour attaquer les vues de mon adversaire, que je jugeais sans fondement. J'ai donc dû garder le silence; cette discussion, du reste, m'était très-pénible; je l'avais déjà exprimé à l'Académie (2); mais une circonstance vient de me mettre dans la nécessité de reprendre la parole.

» Chargé de présenter à l'Académie un exposé succinct des travaux de M. Sédillot se rapportant à diverses branches des Mathématiques, particulièrement à l'Astronomie chez les Arabes, et, par suite, chez les Grecs et les Hindous, puisque les Arabes ont fondé leurs propres travaux sur ceux de ces deux peuples, j'ai dû parler de cette grande question de la *variation* et des luttes auxquelles elle a donné lieu entre M. Sédillot et son puissant

---

(1) Il s'agit ici du passage de ma dissertation du 11 septembre (*Comptes rendus*, t. LXXIII, p. 646; 1871), où j'ai invoqué le *calcul rectifié* dont parle Aboul-Wefâ, et auquel, selon moi, il ajoute sa troisième inégalité. J'ai reproduit cet argument le 2 octobre (p. 806), en ajoutant qu'il était d'une telle importance, que l'on ne pouvait se dispenser de s'expliquer, quel que fût le système que l'on adoptât. M. Bertrand convint que mon interprétation était plausible, et ne la réfuta que très-brièvement, en en proposant une autre (9 octobre 1871, p. 889); mais il revint sur ce point important dans le *Journal des Savants* (octobre 1871, p. 468-469), et déclara que ma conclusion « serait en désaccord formel avec ce qui précède et avec ce qui suit (dans le texte d'Aboul-Wefâ) : *avec ce qui précède... avec ce qui suit...* » Et il déduit ses arguments. Ce sont ces deux arguments nouveaux qui me mettent dans la nécessité de revenir sur la question.

Je dois prévenir que, si je ne parle pas ici de quelques autres passages qui me concernent dans l'exposé général des discussions qui ont eu lieu antérieurement (de 1836 à 1862), ce n'est pas que je n'eusse aussi des observations à faire; mais elles ne touchent pas aussi directement au fond de la question, savoir, la signification du texte d'Aboul-Wefâ.

(2) *Comptes rendus*, t. LXXIII, p. 805; 1871.

adversaire M. Biot. Toutefois je me suis abstenu, dans ce Rapport, de prononcer un seul mot du différend survenu ici entre notre confrère, M. Bertrand et moi, et que devait renouveler, un jour ou l'autre, l'article du *Journal des Savants*.

» Je ne puis donc plus différer; un plus long retard autoriserait à penser que je doute de la solution que j'ai proposée, et des considérations sur lesquelles je l'ai fondée. L'Académie m'excusera donc de l'entretenir de nouveau de cette question, sur laquelle j'espère apporter une lumière qui pourra clore les discussions.

» Je vais dire quelques mots d'abord du but que s'est proposé Aboul-Wefâ et de la marche qu'il a suivie. Ces prémisses sont nécessaires pour comprendre le passage sur lequel on a tant disserté, qui a paru rempli de contradictions et être l'œuvre d'un ignorant, mais qui, à mon sens, devient parfaitement clair et digne de la grande renommée de l'auteur, si l'on ne fait plus abstraction de tout ce qui précède ce passage dans l'Ouvrage.

» Cet Ouvrage est intitulé *Almageste d'Aboul-Wefâ*. « Cette dénomination, comme le dit M. Biot, dont je reproduis les propres paroles, se » donnait à tous les traités d'Astronomie qui embrassaient l'ensemble des » phénomènes célestes, comme celui de Ptolémée. Aboul-Wefâ, dans sa » Préface, nomme Ptolémée, Hipparque et Apollonius, qui, avec beaucoup » d'autres anciens, ont, dit-il, abordé le même sujet; mais il annnonce » qu'il a suivi une voie nouvelle, qu'aucun d'eux n'avait mentionnée, et » qui conduit aisément à ces hautes connaissances (*Journal des Savants*, 1843, p. 732). »

» On va voir, en effet, que l'Ouvrage d'Aboul-Wefâ différait de l'*Almageste*, particulièrement par la marche de l'auteur dans l'exposition générale des phénomènes, suivie de leur démonstration.

» L'Ouvrage d'Aboul-Wefâ est divisé en discours, les discours en sections et les sections en chapitres (Biot, *Journal des Savants*, 1845, p. 150).

» Les cinq premiers discours sont consacrés à l'exposition des connaissances préliminaires nécessaires pour aborder l'Astronomie.

» Dans le sixième discours, l'auteur, suivant une marche tout opposée à celle de Ptolémée qui avait procédé synthétiquement pas à pas et par démonstrations, fait tout d'abord, sans démonstration, l'exposition complète des mouvements des astres et remet au discours suivant les démonstrations.

» D'après la table, qui subsiste dans le manuscrit, ce sixième discours

comprend neuf sections : les cinq premières concernent les planètes en général, la sixième le Soleil, la septième la Lune, la huitième Vénus et la neuvième Mercure (1).

» La septième section, consacrée à la Lune, est divisée en neuf chapitres : le quatrième traite de la première inégalité, le cinquième de la deuxième, et le septième de la troisième inégalité.

» Le manuscrit, fort incomplet, ne renferme plus que quelques fragments de ce sixième discours, où l'auteur a fait ainsi l'exposition générale, sans démonstration, du mouvement des astres.

» Le septième discours, consacré aux démonstrations, comprend une première section sur le Soleil, formée d'un seul chapitre; une deuxième section consacrée à la Lune, formée de onze chapitres : les autres sections se rapportaient aux autres planètes, et manquent dans le manuscrit ainsi que la première section relative au Soleil (2).

» Ensuite devaient se trouver les observations sur lesquelles l'auteur s'est appuyé dans cette exposition du mouvement des astres et de leur mode de représention par des systèmes de cercle. Toute cette partie de l'Ouvrage manque dans le manuscrit.

» Cette marche d'Aboul-Wefâ différait, comme on le voit, de celle de Ptolémée, ainsi qu'il l'avait annoncé dans sa Préface.

» Ne tenant pas compte de cette différence manifeste entre l'Ouvrage grec et celui d'Aboul-Wefâ, et surtout se méprenant sur la signification des expressions *trine* et *sextile*, dans l'Ouvrage d'Aboul-Wefâ, M. Munk, de l'Académie des Inscriptions, crut pouvoir annoncer à l'Académie, par une lettre adressée à M. Arago, en 1843 (3), que M. Sédillot s'était fait illusion, et que sa troisième inégalité n'était point autre que l'anomalie reconnue par Ptolémée qui, sans lui donner le nom d'inégalité, l'a introduite dans sa théorie de la Lune, comme correction des deux premières inégalités, et formant avec elles l'expression complète du mouvement lunaire.

» Tout aussitôt M. Biot, qui pendant huit ans avait adhéré à la découverte de M. Sédillot, intervint et condamna, dans cinq articles du *Journal des Savants*, tout à la fois l'œuvre d'Aboul-Wefâ, à tous égards, et l'interpré-

---

(1) Sédillot, *Matériaux pour servir à l'histoire comparée des sciences mathématiques chez les Grecs et les Orientaux*, t. V, p. 61 ; 1845.

(2) *Ibid.*, p. 62.

(3) *Comptes rendus*, t. XVI, p. 1444, et t. XVII, p. 76.

tation de M. Sédillot. Je rapporterai seulement ici les conclusions auxquelles ce long travail, utile toutefois, conduisit M. Biot; savoir :

» 1° Que l'Ouvrage d'Aboul-Wefâ est la reproduction inintelligente de la théorie lunaire de Ptolémée;

» 2° Que les expressions *trine* et *sextile* y signifient le tiers et le sixième de la circonférence, et non les *octants*, comme l'entendait M. Sédillot;

» 3° Enfin, que l'auteur arabe a défiguré d'une manière barbare l'Ouvrage grec, et n'a pas craint d'invoquer des observations mensongères.

» M. Sédillot réfuta aussitôt ces conclusions de son illustre adversaire dans des Communications adressées à l'Académie, et plus complétement, peu de temps après, dans son premier volume des *Matériaux pour servir à l'Histoire comparée des Sciences mathématiques chez les Grecs et les Orientaux* (1845, p. 42-242). Il fit connaître particulièrement que, si les expressions *trine* et *sextile* s'appliquent, dans les ouvrages d'Astrologie, aux *aspects* de 120 et 60 degrés, ces mêmes mots étaient employés par les *astronomes* pour désigner les *octants*. La longue étude qu'il avait faite de ces matières lui permit de citer aussitôt, à ce sujet, de nombreux ouvrages, tant des Arabes que des auteurs de la Renaissance, et du temps même de Tycho Brahé (1).

» Cette erreur évidente sur la signification des mots *trine* et *sextile*, qui formait le principal argument des adversaires de M. Sédillot aurait dû les éclairer; néanmoins, sans en tenir compte, ils ne revinrent pas sur leur jugement. Je ne dis rien de plus des discussions qui s'en suivirent; je passe à ce qui me concerne personnellement.

» Lorsque je me suis occupé de la question (en 1862), j'ai reconnu, comme je l'ai dit ci-dessus, que c'était aux deux premières inégalités rectifiées par la prosneuse, c'est-à-dire à l'expression même du résultat com-

---

(1) Il nous suffira de rappeler ici que, bien que Tycho Brahé eût introduit, le premier, l'expression *octant*, plusieurs fois répétée dans sa description de la *variation* (Ex. : *in octantibus sive mediis locis inter quadraturas et syzygias...*), son disciple et collaborateur Longomontanus, en reproduisant sa découverte dans son *Astronomia Danica*, en 1622, s'est encore servi des expressions *trine* et *sextile*.

Notre confrère M. Faye s'est assuré, en recourant à la Table des Arguments, dans cet Ouvrage de Longomontanus, que les expressions *trine* et *sextile* y expriment bien les distances angulaires de 135 et 45 degrés entre le Soleil et la Lune, c'est-à-dire les *octants*. Il en explique la raison : c'est que les astronomes n'ayant de dénominations que pour cinq aspects, la *conjonction*, l'*opposition*, les *quadratures*, le *trine* et le *sextile*, rapportaient toutes les autres positions à celle de ces cinq, qui se trouvait la plus voisine du lieu observé. Il en est ainsi de la rose des vents des géographes, divisée dans le principe en quatre points cardinaux, puis en huit, etc.

plet de Ptolémée, qu'Aboul-Wefâ ajoutait sa troisième inégalité. Et quand, en 1871, la question a été réintroduite par M. Bertrand, j'ai reproduit cette solution, en l'appuyant de nouvelles considérations. J'ai insisté de nouveau sur ce point, qui était le nœud de la difficulté, savoir : que la construction de la prosneuse donnée par Ptolémée ne pouvait plus se démontrer immédiatement, comme au temps de Ptolémée, par la comparaison de son simple effet avec l'observation; que c'était l'effet de la prosneuse, plus la troisième inégalité, qu'il fallait comparer, dans leur ensemble, à l'observation; et que cette comparaison serait la seule démonstration possible de la construction de Ptolémée, et en même temps la démonstration de la troisième inégalité d'Aboul-Wefâ. Le chapitre X d'Aboul-Wefâ, consacré à la démonstration de la troisième inégalité, ai-je conclu, a donc pour objet de démontrer que la *déviation* du diamètre de l'épicycle, assignée par Ptolémée, satisfaisait aux observations, à la condition qu'on ajoute à l'effet de cette déviation une nouvelle inégalité, nulle dans les syzygies et les quadratures, et s'élevant à 45 minutes environ dans les octants. On conçoit dès lors comment la dernière phrase de ce chapitre X exprime, comme conclusion finale, la construction de la prosneuse de Ptolémée, puisqu'on a démontré que cette construction satisfait aux observations, si l'on y ajoute la troisième inégalité.

» Partant de là, je crois pouvoir dire que le septième discours, sur lequel on a discuté depuis plus d'un tiers de siècle, devient parfaitement clair. On y trouve même certains passages qui non-seulement s'expliquent naturellement, mais qui, de plus, apportent des preuves irrécusables qui protestent contre l'explication contraire du texte d'Aboul-Wefâ.

» Je vais donc reproduire le texte discuté du septième discours. Je le diviserai en quelques paragraphes qui se suivront dans leur ordre, afin de faire sur chacun les observations auxquelles il pourra donner lieu. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Membre qui remplira, dans la section d'Astronomie, la place laissée vacante par le décès de M. *Delaunay*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 57,

M. Lœwy obtient	31	suffrages.
M. Wolf.	24	»
M. Stephan.	2	»

M. Loewy, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu. Sa nomination sera soumise à l'approbation du Président de la République.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

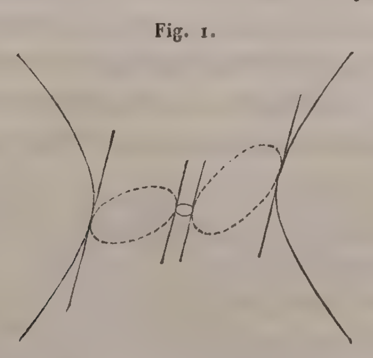
GÉOMÉTRIE. — *D'une réduction accessoire, dans le nombre des périodes, qui se produit par juxtaposition, lors de la formation d'un point double.* Mémoire de M. **Max. Marie**. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires précédemment nommés : MM. Bertrand, O. Bonnet, Puiseux.)

« La formation d'un point double, à distance finie ou infinie, a toujours pour conséquence immédiate la disparition d'une période, par annulation ou accroissement indéfini; mais il est facile de voir qu'elle doit, en outre, être accompagnée d'une réduction accessoire, par juxtaposition ou fusion de deux périodes en une seule.

» En effet, comme il suffit d'examiner un cas pour pouvoir étendre à tous les autres les conclusions obtenues, parce que les mêmes conditions analytiques se rapporteront toujours aux mêmes circonstances géométriques, supposons que le point double qui va se former soit un point isolé, compris entre deux branches réelles se tournant mutuellement leurs convexités, de façon qu'il puisse se loger entre chacune de ces branches et l'anneau qui va devenir un point isolé, un anneau de conjuguée, comme l'indique la *fig.* 1, les arcs des deux anneaux de conjuguées formeront deux

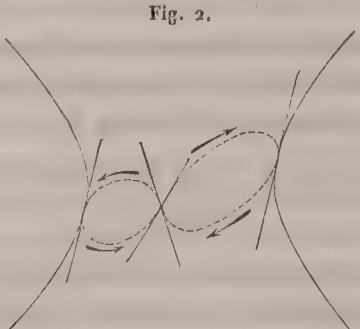
Fig. 1.



périodes distinctes, tant que l'anneau qui va se réduire à un point isolé ne se sera pas encore évanoui. D'ailleurs l'aire de l'anneau réel constituera une troisième période; mais, au moment où cet anneau réel deviendra évanouissant, les deux anneaux de conjuguées se transformeront instantané-

ment en deux boucles, dont les branches se continueront comme l'indique la *fig.* 2, de telle sorte que l'une des deux boucles ne pouvant plus être parcourue d'une manière continue, ce sera alors la différence des aires des deux boucles, parcourues dans le sens continu, indiqué par les flèches, qui formera la période.

Fig. 2.



» Les deux périodes imaginaires se seront confondues en une seule, qui sera la limite de la différence de celles qui existaient un instant auparavant.

» Ainsi la formation d'un point double entraîne la disparition simultanée de deux périodes, par l'évanouissement de l'une d'elles et par la fusion de deux autres en une seule.

» C'est, à ce qu'il paraît, ce qu'ont trouvé MM. Riemann et Clebsch, en ce sens au moins qu'ils constatent la disparition effective de deux périodes, à la suite de la formation d'un point double, mais, je crois, sans expliquer cette disparition. »

PHYSIQUE. — *Sur la réflexion métallique.* Note de M. **Mascart**, présentée par M. Fizeau.

(Renvoi à la Section de Physique.)

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie quelques expériences sur les lois de la réflexion métallique. Ces expériences sont déjà anciennes, j'espérais les compléter plus tôt, mais les circonstances m'en ont détourné; j'indiquerai seulement aujourd'hui les résultats les plus saillants.

» La méthode que j'ai employée est une modification de celle qui a servi à M. Jamin. Un faisceau de lumière primitivement polarisé traverse un collimateur à fente large, se réfléchit sur la lame à étudier, puis rencontre un compensateur à teintes plates et une lunette dont l'oculaire est muni d'un analyseur mobile sur un cercle gradué. L'axe du compensateur étant

situé dans le plan d'incidence, cet appareil permet d'annuler la différence de phase que la réflexion établit entre les deux composantes principales du rayon réfléchi, et de reconstituer un rayon polarisé rectilignement que l'analyseur peut éteindre. L'emploi du compensateur à teintes plates présente cet avantage que, au lieu d'avoir à ramener une frange entre des points de repère, comme dans le compensateur de Babinet, on est conduit à éteindre toute la lumière qui se trouve dans le champ d'observation; les mesures me paraissent comporter ainsi plus de précision.

» L'une des grandes difficultés que l'on rencontre dans l'étude de la réflexion, c'est l'état des surfaces réfléchissantes. Le travail nécessaire pour leur donner un poli suffisant et les influences atmosphériques en modifient la structure au point de changer complétement les propriétés optiques; il serait même difficile de reproduire une surface identique à une autre autrement qu'en utilisant des clivages naturels. Ces causes d'erreur ont été signalées par la plupart des physiciens qui se sont occupés de la réflexion. J'ai cherché à les éviter en employant comme surfaces réfléchissantes des couches d'argent déposé chimiquement avec les précautions indiquées par M. Martin. Les dépôts ainsi obtenus étaient simplement lavés et séchés sans subir aucun poli artificiel; on leur donnait des épaisseurs différentes en les faisant séjourner plus ou moins longtemps dans le bain d'argent.

» Pour déterminer l'épaisseur de la couche, j'ai d'abord employé un procédé direct qui consiste à mesurer la différence de marche de deux rayons réfléchis normalement, l'un sur l'argent, l'autre sur la surface du verre mise à nu, soit par le procédé des franges d'Young, soit par les anneaux colorés; mais, pour des épaisseurs aussi faibles, l'exactitude des mesures n'était pas suffisante. M. Fizeau a imaginé un procédé très-rapide, qui consiste à déposer sur la lame un morceau d'iode et à compter le nombre des anneaux produits par la couche d'iodure. Ces anneaux sont 15 ou 16 fois plus nombreux que ceux qui correspondraient à une épaisseur d'air égale à celle de l'argent, ce qui augmente beaucoup la précision. Toutefois, pour déduire de là l'épaisseur de l'argent, il faut admettre que l'iodure ainsi obtenu a la même composition et la même densité que l'iodure d'argent préparé par les procédés chimiques ordinaires, et employer un indice de réfraction déduit de l'angle de polarisation. J'ai jugé utile de contrôler cette méthode en opérant sur une couche d'argent plus épaisse et d'une grande étendue, et en déterminant le poids de l'argent; il suffit alors d'admettre que le métal déposé a la densité ordinaire pour en

déduire l'épaisseur. D'ailleurs la mesure des anneaux et la pesée directe ont donné sensiblement les mêmes résultats.

» Lorsqu'un rayon de lumière se réfléchit sur une lame de verre en faisant avec la surface des angles de plus en plus grands, les deux composantes principales du rayon réfléchi n'éprouvent d'abord aucune différence de marche sensible jusque dans le voisinage de l'angle de polarisation. Là, dans une faible étendue angulaire, il s'établit une différence de marche rapidement croissante qui devient égale à une demi-longueur d'onde, après quoi le phénomène ne change plus jusqu'à l'incidence normale. Quand la réflexion s'opère sur une surface métallique, les différences de phase, au lieu de se montrer si brusquement, se produisent d'une manière continue à mesure que l'incidence varie. On peut passer de la réflexion vitreuse à la réflexion métallique par tous les états intermédiaires à l'aide de couches d'argent de plus en plus épaisses. Dans le tableau suivant, je donne seulement l'incidence principale, c'est-à-dire celle qui, d'après la définition donnée par M. Jamin, produit une différence de marche d'un quart de longueur d'onde; les épaisseurs des couches d'argent sont exprimées en fraction de longueur d'onde de la lumière la plus intense du spectre solaire, et les angles sont comptés à partir de la surface.

Surfaces réfléchissantes.	Épaisseur de l'argent.	Incidence principale.
Lame de verre........	»	33°
1re lame argentée......	»	30.15'
2e »	0,014	25.
3e »	0,082	22.
4e »	0,118	21.25
5e »	0,188	19.20
6e »	0,220	18.
7e »	0,230	16.50

» Le voile métallique déposé sur la première lame argentée était tellement faible qu'on n'aurait pu en soupçonner l'existence sans être prévenu; il a été absolument impossible d'en évaluer l'épaisseur, mais on peut assurer qu'elle n'était pas supérieure à 5 millièmes de longueur d'onde, et déjà les propriétés de la lumière réfléchie étaient considérablement modifiées. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner de l'influence que peuvent exercer les altérations lentes des surfaces réfléchissantes. L'épaisseur d'argent sur la dernière lame est déjà d'un quart de longueur d'onde, et la réflexion métallique définitive n'est pas encore acquise.

» Pour que les expériences que je viens d'indiquer donnent des résul-

tats réguliers, il faut qu'elles soient exécutées peu de temps après l'argenture. Ainsi la lame n° 7, après avoir séjourné un an environ dans l'obscurité et autant que possible à l'abri des agents atmosphériques, a donné une incidence principale de 18°20′, la surface ne présentant pas d'altération appréciable. Une autre lame exposée à l'air ambiant et à la lumière et sensiblement noircie a donné 23°20′. Le rapport des intensités des deux composantes principales varie aussi d'une manière continue, à mesure que la couche d'argent augmente.

» Le point de vue où je me suis placé et le procédé d'observation distinguent assez ces expériences de celles qui ont été publiées récemment par M. Quincke et par M. Potier pour que j'aie cru utile de les indiquer; je n'en veux tirer aucune conséquence théorique, parce que je me propose d'en poursuivre l'étude. »

CHIMIE. — *Action des effluves électriques sur l'air atmosphérique.* Note de M. A. Boillot.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

« Dans les expériences que j'ai l'honneur de soumettre aujourd'hui à l'Académie, j'ai cherché à réaliser les conditions les plus favorables à la production des effluves électriques, dans le cas d'un courant d'induction faible, ce qui arrive le plus souvent lorsqu'on néglige de renouveler les liquides employés pour charger les piles. Tout en conservant les dispositions de l'appareil que j'ai décrit dans ma Note précédente, j'ai adopté les dimensions suivantes pour mes tubes :

Longueur des effluves	34	centimètres.
Diamètre extérieur du gros tube	9	millimètres.
» du tube moyen	6	»
» du petit tube	3	»

» Le charbon est du charbon de cornue, en poudre suffisamment fine. Le graphite donne sensiblement les mêmes résultats.

» Les courants gazeux avaient une vitesse de dégagement représentée par deux bulles à la seconde. La température était de 13 et 14 degrés.

» 5 éléments Bunsen mettaient en jeu la bobine d'induction, dont le courant était très-faible : je n'opérais pas en vue de la production d'une grande quantité d'ozone, mais pour étudier l'influence qu'un espace très-resserré pouvait avoir comparativement à un espace plus grand.

» Une première série d'épreuves a été faite sur un courant d'air sec, et ensuite sur un courant d'oxygène sec. Avec le courant d'air, j'ai obtenu une moyenne de 20 à 21 milligrammes d'ozone par 5 litres d'air, ce qui correspond très-approximativement à 1 litre d'oxygène.

» Le courant d'oxygène m'a donné, dans les mêmes conditions, 7 milligrammes d'ozone par litre de gaz.

» Mais je devais supposer, en opérant avec de l'air, quoique sur l'eau, que l'ozone dosé par le procédé de M. Thenard n'était pas le seul produit obtenu. Il pouvait y avoir des composés d'azote et d'oxygène capables d'influencer le résultat du dosage. J'ai donc repris ces expériences le lendemain, en agissant de la même manière, c'est-à-dire comparativement, et en ayant soin de détruire l'influence des composés azotés hypothétiques par l'emploi d'une solution de potasse caustique.

» Le même courant d'air a donné d'abord $35^{mg},7$ d'ozone par 5 litres d'air, sans l'intervention de la potasse. Ensuite, l'air recueilli après l'action des effluves a été agité avec la solution de potasse, puis on a fait passer le gaz dans un autre flacon, toujours sur la cuve à eau. Le titrage de l'ozone a donné un résultat identique au précédent.

» L'électricité ayant encore faibli, une autre épreuve a donné environ 14 milligrammes d'ozone par 5 litres d'air. C'est alors que le courant d'oxygène a été repris; il a fourni à peine $1^{mg},5$ d'ozone par litre de gaz, tandis que dans d'autres circonstances, et avec une tension électrique convenable, j'ai pu doser jusqu'à 52 millimètres d'ozone par litre d'oxygène; mais, je le répète, je n'avais en vue que des essais comparatifs, en employant d'anciens liquides pour les piles.

» Le jour suivant, les expériences ont donné des résultats semblables.

» En présence des chiffres qui précèdent, une conclusion s'offre naturellement : c'est que l'oxygène, dans certaines conditions, est beaucoup plus facilement transformé en ozone lorsqu'on agit sur lui tel qu'il est dans l'air, que lorsqu'on opère sur ce gaz à l'état de pureté, et la différence d'action, dans les deux cas, est à peu près dans le rapport de 3 à 1.

» Une autre conséquence théorique me semble devoir aussi découler de ce qui précède : c'est que l'ozone ne peut pas être une combinaison de l'oxygène avec lui-même. La réunion de plusieurs atomes d'oxygène pour former l'ozone me semble être une hypothèse désormais insoutenable. L'oxygène mêlé à l'azote dans l'air atmosphérique se trouve dans des conditions favorables à la production de l'ozone, parce que ce qui est produit par les effluves électriques ne peut plus se rétablir à l'état pri-

mitif d'oxygène, à cause de l'empêchement apporté par l'azote, ce gaz tenant à distance les atomes qui tendent à reformer l'oxygène. Dans la nature, c'est sous l'influence de la lumière que l'ozone redevient oxygène. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Note sur une nouvelle série d'échantillons de substances cristallines ou cristallisées, obtenues par la voie sèche;* par M. Ch. Feil.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

« Au mois de décembre 1869, j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie de nouvelles imitations de pierres précieuses à base d'alumine; j'ai l'honneur de lui présenter aujourd'hui une nouvelle série d'essais par la voie sèche.

» La première partie comprend des échantillons de vitrifications à base d'alumine et à base de chaux ou de magnésie; des combinaisons de ces bases avec la silice, la baryte, le plomb, le zinc, le thallium, le didyme; des essais de coloration servant à démontrer l'influence de la base qui entre dans la composition sur les oxydes colorants.

» J'espère que la verrerie et la céramique trouveront, dans cette voie, des produits intéressants et utiles. Je suis convaincu que la science profitera des qualités exceptionnellement lumineuses des verres à base d'alumine, pour la construction des objectifs; je serai bientôt en mesure de soumettre aux physiciens un travail complet sur ces matières.

» La seconde partie comprend une série de cristallisations de l'alumine, de la magnésie, de la chaux, de l'acide silicique et une étude sur les colorations par le chrome, le cobalt, le nickel, le cuivre, l'or.

» Je dépose sur le bureau quarante-quatre échantillons différents, avec une Note indiquant exactement les bases que le verre contient ou la matière qui produit sa coloration.

» Je dépose, en outre, une série de prismes en flint; densités 5,500, 4,700, 4,00, 3,620; des prismes en crown; du verre de didyme, montrant les raies d'absorption.

Vitrifications, essais par la voie sèche.

Nos.

1. Borosilicate d'alumine de magnésie et de plomb.
2. Borosilicate d'alumine de magnésie et de chaux.

Nos.

3. Fluo-aluminate de magnésie et de baryum.
4. Boro-aluminate de magnésie, de chaux et de silice.

Nos.

5. Silicate d'alumine de chaux et de magnésie, coloration par le soufre.

6. Aluminate de magnésie et de chaux.

7. Silicate d'alumine de magnésie et de chaux, coloration par le chrome dévitrifié par partie.

8. Silicate d'alumine de chaux, de magnésie et de bismuth; coloré par le cobalt.

9. Silicate d'alumine de chaux, de magnésie et de plomb; coloré par l'acide chromique.

10. Boro-aluminate de magnésie et acide borique, coloré par l'oxyde de chrome.

11. Aluminate de magnésie, silice et chaux; coloré par l'acide chromique.

Nos.

12. Silicate d'alumine de magnésie et phosphate de chaux, coloré par le bichromate de potasse.

13. Silicate de magnésie et phosphate de chaux, coloré par le cuivre.

14. Silicate d'alumine de magnésie et phosphate de chaux, coloré par l'or.

15. Silicate d'alumine de chaux et de plomb, coloré par le nickel.

16. Silicate de plomb et de thallium.

17. Borosilicate de plomb et de didyme, phosphorescence rouge.

18. Boro-aluminate de chaux, de silice et de plomb, coloré par l'or.

19. Fluosilicate de potasse, d'alumine de chaux et de zinc.

Cristallisations.

20. Borate d'alumine et phosphate de chaux.

21. Borosilicate d'alumine de magnésie et fluosilicate de potasse, coloration par le cobalt.

21 *bis*. Cristaux intérieurs.

22. Fluosilicate de potasse et d'alumine, coloré par le cobalt.

23. Borosilicate d'alumine et de magnésie, coloré par le cobalt.

24. Boro-aluminate de magnésie et de chaux, coloré par le cobalt.

25. Aluminate de chaux de silice et fluorure de baryum, coloré par le cobalt.

26. Borate d'alumine de magnésie et de chaux, coloré par le cobalt.

27. Fluo-aluminate de chaux et de baryum, coloré par le cobalt.

28. Boro-aluminate de magnésie et silice, coloration chromique (refroidissement lent).

29. Boro-aluminate de magnésie et silice, coloration chromique (refroidissement rapide).

30. Borate d'alumine, silice et phosphate de chaux; coloration chromique.

31. Boro-aluminate de magnésie passé trois fois au feu, coloration chromique.

32. Boro-aluminate de silice, magnésie et fluosilicate de potasse, coloration chromique.

33. Boro-aluminate de magnésie et de silice, coloration chromique.

34. Boro-aluminate de magnésie et de silice, coloration acide chromique.

35. Borate d'alumine, coloration oxyde chromique.

36. Boro-aluminate de magnésie et de chaux, coloration oxyde chromique.

37. Boro-aluminate de magnésie et de silice, coloration oxyde chromique.

38. Boro-aluminate de fluorure de baryum, coloration oxyde chromique.

39. Boro-aluminate de fluosilicate de potasse, coloration oxyde chromique.

40. Borosilicate d'alumine de magnésie, contient du charbon; coloration oxyde chromique.

41. Boro-aluminate de silice et chaux, coloration oxyde chromique.

42. Borosilicate d'alumine et de chaux, coloration par l'or.

43. Borosilicate d'alumine et de chaux, coloration par l'argent.

44. Borosilicate d'alumine et de plomb, coloration par l'argent.

Verrerie.

Nos.		Nos.	
1. Flint, densité	5,500	8. Flint, densité	»
2. Flint, »	5,500	9. Crown, »	2,047
3. Flint, »	4,700	10. Crown, »	»
4. Flint, »	»	11. Crown, »	2,052
5. Flint, »	»	12. Crown, »	2,052
6. Flint, »	»	13. Une plaque flint, densité	4,000
7. Flint, »	3,062		

M. Edm. Becquerel a étudié au moyen du phosphoroscope plusieurs des composés alumineux qui ont été obtenus par M. Feil. Des fragments de matière fondue au moyen de l'acide borique, légèrement colorés en rose et indiqués comme composés d'alumine presque pure, étant éclairés par la lumière solaire, dans le phosphoroscope, ont présenté une émission de lumière rouge très-vive, dont la composition spectrale est peu différente de celle de la lumière émise par le rubis ou par l'alumine pure, cristallisée ou fondue; on reconnaît les raies rouges caractéristiques de l'alumine.

Des échantillons d'aluminate de magnésie teintés de rouge, contenant une faible proportion de silice, 4 à 5 pour 100, donnent également, dans le phosphoroscope, une très-belle émission lumineuse rouge, presque semblable à celle que donne le spinelle placé dans les mêmes conditions expérimentales; on retrouve avec ces échantillons la succession des bandes rouges et des raies noires qui caractérisent l'aluminate de magnésie nanaturel.

M. Beuchot adresse une nouvelle Note relative à la navigation à vapeur dans les canaux et rivières.

(Commissaires précédemment nommés : MM. Séguier, Jurien de la Gravière, Dupuy de Lôme.)

M. Toselli adresse une Note relative à un « Hydrotélégraphe », imaginé et publié par lui dès 1857.

(Commissaires : MM. Faye, Fizeau, Edm. Becquerel.)

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Deux brochures de M. *Adr. Jeanjean*, intitulées « Les amendements et les engrais minéraux appliqués au sol des Cévennes », et « L'homme et les animaux des cavernes des Basses-Cévennes » ;

2° Une brochure de M. *E.-F. Wartmann*, portant pour titre « Notice historique sur les inventions et les perfectionnements, faits à Genève, dans le champ de l'Industrie et dans celui de la Médecine » ;

3° Deux brochures adressées par M. *Devergie* et intitulées « Rapport sur les mesures sanitaires à prendre pour le transport des corps des personnes qui doivent être inhumées hors Paris et hors du ressort de la Préfecture de Police », et « De la désinfection de la Morgue de Paris, au moyen d'irrigations d'eau additionnée de un deux millième d'acide phénique ». Ces deux Mémoires contribuent à montrer de nouveau, dans l'acide phénique, un désinfectant à la fois économique et parfaitement efficace en toute saison, et même en temps d'épidémie. L'auteur rappelle que l'usage de l'acide phénique, associé à la sciure de bois, dans diverses proportions suivant les circonstances, a été indiqué à l'autorité, par M. Dumas, comme fournissant un antiputride qui satisfait à toutes les conditions désirables ;

4° Les dernières livraisons parues de la publication « Les fonds de la mer », adressées par M. *L. Périer*. Cette publication, qui date d'une dizaine d'années, a déjà pu recueillir un assez grand nombre de documents capables d'intéresser à la fois les zoologistes et les géologues ; elle fait appel au concours des naturalistes et des marins, pour donner à ces documents un développement nouveau.

M. H. Bréguet prie l'Académie de vouloir bien le comprendre parmi les candidats à la place d'Académicien libre, devenue vacante par la démission de M. le comte *Jaubert*.

(Renvoi à la Commission.)

M. Van der Mensbrugghe adresse à M. le Secrétaire perpétuel, au sujet de la cristallisation des solutions sursaturées, la Lettre suivante :

« Je vous prie de vouloir bien faire connaître à l'Académie l'opinion à

laquelle je me suis arrêté, après le débat scientifique qui s'est élevé récemment entre MM. Gernez, Violette, de Coppet et moi. Ayant acquis, grâce aux expériences si belles et si nombreuses de MM. Gernez et Violette, la conviction formelle que la tension superficielle des liquides ne joue pas, dans la cristallisation des solutions sursaturées, le rôle important que j'avais cru pouvoir assigner à cette force, en partant des longues recherches de M. Tomlinson, je prie l'Académie de regarder comme non avenues les Communications que je lui ai adressées à ce sujet (1). »

ASTRONOMIE. — *Note de M.* **Stephan**, *sur la comète* Tempel (1867, II). (Présentée par M. Le Verrier.)

« Je viens de retrouver la comète *Tempel* (1867, II), à l'aide d'une éphéméride de M. Suliger. La comète est d'une excessive faiblesse, même dans le grand télescope.

	Temps moyen de Marseille.	Ascension droite approchée.	Distance polaire apparente.
1873. Avril 3....	$15^h 26^m 24^s$	$16^h 26^m 21^s,57$	$100°39'12'',5$

Étoile de comparaison (position moyenne pour 1873,0).

	Ascension droite.	Distance polaire.
579 W. H. XVI.........	$16^h 31^m 37^s,20$	$100°35'24'',8$. »

PHYSIQUE. — *Sur les étincelles électriques composées.* Note de M. A. **Cazin**, présentée par M. Jamin.

« J'appelle *étincelles composées* ces étincelles à plusieurs branches que l'on aperçoit fréquemment avec la bobine de Ruhmkorff, surtout lorsque les pôles de la bobine communiquent avec les armatures d'un condensateur, ou, comme cela a lieu dans les expériences récentes de M. Guillemin, avec de grandes surfaces métalliques éloignées l'une de l'autre.

» J'ai reconnu que les étincelles qui composent le faisceau sont successives, et j'ai vu leur nombre atteindre plusieurs centaines par le simple rapprochement des électrodes.

» Voici le principe de ma méthode expérimentale :

» L'étincelle éclate au foyer d'un collimateur, qui envoie la lumière parallèle sur le bord d'un disque tournant autour de son centre. Ce disque est opaque et divisé sur son contour en parties égales par des fentes très-étroites, dirigées suivant les rayons. De l'autre côté du disque, et sur le trajet des rayons lumineux de l'étincelle, est fixé un écran percé d'une ou-

(1) *Comptes rendus*, t. LXXV, p. 254, 1872, et t. LXXVI, p. 145, 1873.

verture, dont la largeur est égale à celle d'une division du disque tournant. On regarde cette ouverture avec une lunette de kathétomètre, et, quand une étincelle simple éclate au foyer du collimateur, on ne voit dans le champ de la lunette qu'une seule fente du disque tournant; mais lorsque l'étincelle est composée, on voit la fente mobile dans les diverses positions qu'elle occupe au moment où jaillissent les étincelles simples qui composent la décharge totale. Le nombre des traits brillants qu'on voit est celui des étincelles simples qui jaillissent pendant le passage d'une division du disque mobile. L'emploi du diaphragme fixe interposé entre la lunette et le bord du disque diminue la fatigue de l'œil, laquelle est très-grande, quand on voit dans le champ plusieurs divisions du disque. L'observation se fait évidemment dans l'obscurité.

» Je décrirai une de mes expériences, afin de préciser les conditions expérimentales.

» Les électrodes sont formées par deux boules de platine de 7 millimètres de diamètre; on peut mesurer leur distance à l'aide d'une vis micrométrique. Le disque est en carton mince; il a 22 centimètres de diamètre, et porte 48 divisions. Chaque fente a une longueur d'un centimètre et une largeur de $\frac{1}{10}$ de millimètre environ. Le disque est mis en mouvement par un moteur électromagnétique de Froment, muni d'un compteur de tours. La vitesse de rotation étant de 38,78 tours en une minute, la durée du passage d'une fente est $0^s,0322$. La bobine de Ruhmkorff (modèle moyen) est chargée de façon qu'elle donne une étincelle ordinaire de 15 centimètres.

» Les pôles de la bobine sont mis en communication, d'une part, avec les boules de décharge, d'autre part avec les armatures extrêmes d'une cascade de trois jarres (armature extérieure de 1240 centimètres carrés). On ferme et on ouvre le circuit inducteur à la main, à l'aide d'une tige de fer et d'une couche de mercure qui communiquent respectivement avec les rhéophores et avec les armatures du condensateur de la bobine.

» Voici une série d'observations faites à l'ouverture du circuit :

Distance des boules.	Effet observé.	Durée de la décharge totale.
7^{mm}	pas d'étincelle..........	»
6	un trait brillant........	»
5	Id.	»
4	2 traits................	$0^s,002$
3	3 traits................	0,003
2	5 à 6 traits............	0,008
1,46	une dizaine de traits....	0,011
0,62	traits nombreux........	0,016
0,21	traits plus nombreux....	0,024

» On a calculé la durée de la décharge totale d'après le rapport de la distance des traits extrêmes à la largeur d'une division du disque. Ainsi, dans la dernière expérience, la bande lumineuse formée par les traits occupait les $\frac{3}{4}$ de la largeur d'une division; sa durée était donc

$$\frac{3}{4} \times 0^s,032 = 0^s,024.$$

» Le nombre des traits dans les deux dernières expériences étant trop considérable pour qu'on pût les compter, on a eu recours à une seconde série d'observations ayant pour but de faire connaître le nombre de traits produits dans un temps connu, inférieur à la durée de la décharge totale, et par suite l'intervalle de temps compris entre la formation de deux traits consécutifs. En divisant la durée de la décharge totale par cet intervalle, on obtiendra approximativement le nombre des étincelles simples composant cette décharge.

» Pour cela j'ai donné à un disque de carton portant 96 fentes une vitesse de 201 tours par minute; de sorte que le passage d'une division durait $0^s,0031$. Les boules étant espacées de $0^{mm},42$, on a vu sur la largeur d'une division 5 groupes de traits fins séparés par des intervalles obscurs. On distinguait 4 ou 5 traits dans chaque groupe. En admettant 4 traits par groupe, on avait au minimum 20 étincelles simples dans l'étendue d'une division, et par conséquent en moyenne une étincelle pour chaque intervalle de temps de $\frac{0^s,0031}{20} = 0^s,00015$. D'après le tableau précédent, la durée de la décharge totale était de $0^s,02$ environ. On en conclut que le nombre des étincelles de la décharge était au moins $\frac{0,02}{0,00015} = 133$.

» Lorsque la distance des boules de décharge était inférieure à $0^{mm},42$, le nombre des traits était beaucoup plus grand. Une expérience analogue à la précédente, faite avec un disque convenable, m'a conduit au chiffre de 500 étincelles. On peut donc conclure de ces expériences : *Lorsque la distance des électrodes décroît, le nombre des étincelles successives qui composent la décharge croît graduellement de un à plusieurs centaines.*

» Les deux premières étincelles sont beaucoup plus espacées que les suivantes, qui paraissent se resserrer rapidement. L'intervalle de ces deux étincelles m'a paru indépendant de la durée de la décharge totale.

» L'étincelle obtenue par la fermeture du circuit inducteur suit la même loi ; mais la distance des électrodes est pour les mêmes apparences beaucoup plus petite qu'avec l'étincelle d'ouverture.

» Dans les mêmes circonstances, le nombre des traits de l'étincelle com-

posée augmente quand on remplace les boules par des pointes, diminue au contraire quand on augmente le diamètre des boules.

» La composition de l'étincelle dépend d'un grand nombre de circonstances, qu'il sera intéressant de démêler. Je citerai encore un exemple.

» La cascade de trois jarres était chargée par une étincelle jaillissant entre l'armature interne de la première jarre et un des pôles de la bobine; elle se déchargeait ensuite par les boules de platine. L'étincelle de charge ayant environ 4 centimètres de longueur, on a fait décroître la distance des boules de 10 millimètres à $0^{mm},42$, et le nombre des traits composant chaque décharge a crû de 1 à 12.

» Laissant ensuite cette dernière distance invariable, on a fait décroître la longueur de l'étincelle de charge de 6 centimètres à 1 centimètre. Le nombre des traits a crû rapidement de 1 à 50.

» J'ai répété la même expérience en chargeant la cascade par l'étincelle d'une machine ordinaire, et je n'ai observé que des étincelles simples. Il résulte de là que l'induction joue le principal rôle dans les expériences que je viens de décrire.

» Ces expériences sont analogues à celles que M. Nyland a faites récemment sur l'effet mécanique de la décharge d'une bobine d'induction, lorsqu'elle a lieu à travers une feuille de papier en mouvement. Il a compté un grand nombre de trous successifs, qui me paraissent correspondre aux étincelles successives constituant une étincelle composée (*Journal de Physique*, avril 1872. — *Archives néerlandaises*, tome V). Il y a pourtant une différence assez importante. M. Nyland obtenait un nombre considérable de trous avec l'étincelle directe de la bobine, sans bouteille de Leyde. Quant à moi, je n'ai pu observer que des étincelles simples dans ce cas.

» Je me propose de poursuivre ce sujet, qui peut fournir des données intéressantes pour la théorie de l'électricité. »

PHYSIQUE. — *Sur le* phonoptomètre, *instrument propre à l'étude optique des mouvements périodiques ou continus;* Note de M. **J. Lissajous**, présentée par M. Jamin.

« J'ai donné dès 1857, sous le nom de *comparateur optique des mouvements vibratoires*, un microscope à objectif vibrant dont M. Helmholtz s'est servi plus tard dans ses études sur le timbre. J'ai pensé depuis qu'il était possible de généraliser le principe de cet instrument, et de construire un appareil propre à étudier les mouvements vibratoires de près ou de loin. Il suffit pour cela de prendre une lunette *terrestre* et de mettre en vi-

bration, au moyen d'un diapason entretenu électriquement, un des verres de cet instrument, en choisissant un de ceux dont le déplacement entraîne un déplacement correspondant de l'image.

» Le verre que l'on doit faire osciller mécaniquement est l'objectif ou le verre de l'oculaire qui renverse l'image, ou celui qui est placé contre l'œil. L'objectif est difficile à faire mouvoir très-rapidement à cause de sa masse; il est gênant de faire vibrer le verre qui touche l'œil et d'ailleurs son mouvement entraînerait dans l'image des déformations dues à ce qu'il présente une forte courbure. Il est, au contraire, facile et commode de faire vibrer le verre qui renverse l'image, c'est-à-dire le second verre compté à partir de la partie de l'oculaire la plus proche de l'objectif. De plus, un très-petit mouvement de celui-ci se traduit par une grande amplitude dans la vibration apparente du point lumineux considéré.

» Cette méthode a un autre avantage, c'est qu'il est possible en déplaçant l'objectif de viser sur des corps vibrants situés à des distances plus ou moins grandes, et d'étudier, par exemple, des corps vibrants à l'intérieur d'une étuve, et en général de modifier, par la distance du corps vibrant, la relation qui existe entre l'amplitude du mouvement apparent de l'image dû à la vibration du corps et l'amplitude du mouvement dû à la vibration du diapason. Aussi, quand on compare ces deux mouvements en les combinant rectangulairement, on obtient des courbes lumineuses dont les dimensions horizontale et verticale pourront présenter la relation la plus favorable à l'étude précise du mouvement considéré. C'est ainsi que l'étude optique du mouvement des anches, impossible avec le microscope à objectif vibrant, se fait avec la plus grande facilité.

» L'appareil que j'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie a été construit l'an dernier par M. Dubosq, sur mes indications, et a été exposé à Londres. J'en avais indiqué le principe, il y a quelques années, à la réunion de l'Association helvétique à Genève; je l'ai réalisé depuis et je m'en suis servi pour diverses études. Je lui ai donné le nom de *phonoptomètre*.

» Je ferai observer qu'il peut résoudre très-simplement le problème de la mesure de la vitesse des projectiles suivant la méthode indiquée par M. Deprez dans la dernière séance. En effet, si l'on regarde avec cet appareil un point brillant dont l'image traverse le champ avec une grande vitesse, cette image se convertit pendant la vibration du diapason en une ligne sinueuse que la persistance rend visible dans toute sa longueur, et le nombre de sinuosités contenues dans le champ de l'instrument permet d'obtenir immédiatement la vitesse du point mobile. Il est facile de s'en assurer en

regardant l'image d'un point fixe dans un miroir tournant dont la vitesse de rotation est connue.

» Mon but, en faisant cette Communication, n'est pas d'ôter quoi que ce soit au mérite de l'idée ingénieuse exprimée par M. Deprez. J'ai cru seulement utile de mettre sous les yeux de l'Académie un appareil existant déjà, qui n'a pas été construit dans ce but, mais qui peut donner d'une façon très-simple la solution du même problème. »

PHYSIQUE. — *Note sur les effets produits par les courants électriques sur le mercure immergé dans différentes solutions*; par M. **Th. du Moncel.**

« M. Hughes a démontré que, si l'on immerge dans de l'eau ordinaire quelques gouttes de mercure, ce métal se dilate sous l'influence du passage d'un courant électrique, quand le circuit est fermé par l'intermédiaire de la couche d'eau. Le mercure semble alors obéir à une sorte d'impulsion.

» Voici les résultats de quelques expériences :

» 1° Si l'on étudie les mouvements du mercure dans des solutions de diverses natures, on constate d'abord que le sens de l'impulsion varie suivant la quantité de gaz qui se dégage à l'une ou à l'autre des électrodes, et le mouvement s'effectue vers l'électrode qui fournit le moindre dégagement. Ainsi, avec de l'eau ordinaire, le mouvement se produit vers le pôle positif. Avec des solutions de sulfate de cuivre, de sulfate de fer, de bichromate de potasse, de sulfate de mercure, etc., dans lesquelles l'hydrogène se trouve en grande partie absorbé par la réduction du sel, le mouvement s'effectue vers le pôle négatif. Toutefois la conductibilité plus ou moins grande de la solution joue un rôle dans ce phénomène, et l'on peut en avoir la preuve en prenant de l'eau de pluie, de l'eau de fontaine et de l'eau acidulée avec de l'acide sulfurique. Avec les deux premiers liquides, le mouvement s'effectue dans le même sens, mais il est plus caractérisé dans un cas que dans l'autre, en raison de la différence d'intensité du courant électrique qui les traverse. Avec la solution acidulée, le mouvement devient imperceptible et souvent en sens contraire de ce qu'il était avec l'eau pure, bien que le dégagement de gaz aux deux électrodes se produise à peu près dans le même rapport.

» Les effets de mouvement du mercure sont toujours les mêmes quelle que soit la polarité de l'électrode qui établit les fermetures du courant avec le liquide, de sorte que l'on pourrait croire que l'une des électrodes repousse le mercure, alors que l'autre l'attire ; il n'en est rien, comme

nous allons le voir. Nous devons toutefois faire remarquer que, quelle que soit la polarité de la goutte de mercure mise en contact avec l'une des électrodes, cette goutte s'aplatit sous l'influence de l'action du courant, et fournit une surface plus grande, qui s'oxyde quand elle est positive, mais qui reprend son éclat métallique quand elle devient négative.

» 2° Si l'on emploie des solutions capables de dégager au pôle positif des gaz susceptibles de s'allier énergiquement avec l'hydrogène, quand ils sont à l'état naissant, comme cela a lieu avec les solutions de chlorure de sodium, de cyanure de potassium, et qui fournissent du chlore et du cyanogène à l'électrode positive, les effets, quant au mouvement du mercure, sont assez capricieux et se manifestent généralement (après que le mercure a constitué pendant quelques instants l'électrode négative) dans le sens de ceux qui se produisent avec l'eau; mais il se détermine, à la suite de cette action, d'autres effets très-curieux, qui peuvent donner quelques renseignements utiles sur le phénomène qui fait l'objet du présent travail. Ainsi, si l'on fait passer pendant quelques instants le courant d'une pile Chutaux de 8 éléments à travers une solution de chlorure de sodium, au milieu de laquelle sera immergée une goutte de mercure mise en rapport avec le pôle négatif de la pile, et qu'après avoir enlevé cette communication on vienne à plonger dans le mercure l'électrode positive où s'est dégagé le chlore, un dégagement abondant de gaz, quelquefois même plus énergique que celui résultant de l'action de la pile, se produit autour du point de contact de l'électrode avec le mercure, et dure pendant un temps relativement assez long. Si, pendant que ce dégagement s'opère, on vient à plonger dans l'eau salée l'électrode négative, la surface du mercure se recouvre immédiatement d'une pellicule jaunâtre qui passe très-promptement au noir et qui paraît n'être que de l'oxydule ou du protoxyde de mercure; mais, aussitôt cette pellicule formée, le dégagement gazeux semble s'arrêter, et ce n'est que quand, après avoir retiré de nouveau l'électrode négative, la pellicule en question a disparu au bout de quelques instants, que ce dégagement de gaz recommence. Cette circonstance pourrait faire supposer que le gaz ainsi dégagé est de l'hydrogène dont l'action, au moment de la formation de l'oxydule, serait employée à réduire ce dernier, comme cela a lieu du reste quand on met le mercure ainsi oxydé directement en rapport avec le pôle négatif; mais ce qui est le plus curieux dans ce phénomène, c'est qu'il ne se produit que sous deux conditions : 1° quand le fil de platine qui le détermine a dégagé pendant quelques instants du chlore et qu'il n'a pas été essuyé; 2° quand le mercure même a servi d'électrode négative et

qu'il a pu condenser une assez grande quantité de gaz hydrogène pour fournir une action électrique secondaire, à la manière de la pile Planté. Cette condensation est d'ailleurs visible à l'œil, car, dans les premiers moments où le mercure constitue l'électrode négative, on ne voit apparaître à sa surface aucune bulle de gaz; ce n'est que plus tard qu'elles apparaissent, et alors que la goutte de mercure est déjà élargie en s'étalant. Ce phénomène n'a du reste rien d'extraordinaire, si l'on considère que le palladium et le nickel peuvent condenser des masses considérables d'hydrogène et que M. Favre a pu même former une pile de cuivre et palladium avec hydrogène condensé, dans laquelle ce gaz jouait le rôle de métal positif.

» Si cette manière d'interpréter le phénomène est vraie, l'électrode positive mise en contact avec le mercure, après l'enlèvement de l'électrode négative, doit constituer avec celui-ci un couple gazeux local (chlore et hydrogène), qui, en déterminant au contact des deux métaux la formation d'acide chlorhydrique, développe, par l'action de cet acide sur le mercure, une nouvelle force électromotrice dans le même sens que celle du couple gazeux, et, par suite, un courant local énergique pour lequel le mercure est constitué négativement et doit dégager de l'hydrogène. Or, comme il résulte de ce courant local un nouveau dégagement de chlore, l'action se trouve continuée assez longtemps. Ce qui est certain, c'est que, quand le mercure a servi d'électrode négative pendant quelques instants, et qu'on l'abandonne à lui-même, il dégage des bulles de gaz pendant quelque temps, puis il subit des contractions plus ou moins multipliées, à la suite desquelles il diminue de volume et reprend sa forme hémisphérique.

» Les mêmes effets se reproduisent exactement avec le cyanure de potassium (blanc et jaune), la potasse du commerce et même avec le chlorhydrate d'ammoniaque. Avec ce dernier sel, on reproduit d'une manière intéressante le curieux effet de l'alliage d'ammonium.

» 3° Quand les solutions sont un peu salies par les débris des oxydations mercurielles qui se trouvent successivement enlevées, on peut reconnaître facilement autour de la goutte de mercure la présence de courants liquides très-énergiques, dirigés de l'électrode qui donne le moindre dégagement de gaz à celle qui en donne le plus. Ces courants donnent lieu à des espèces de remous ou tourbillons, qui se dessinent très-nettement des deux côtés de la goutte. Le plus souvent ces tourbillons se manifestent du côté opposé à l'allongement du mercure, mais quelquefois cependant, avec l'eau pure, par exemple, on les retrouve du même côté, mais alors avec un sens différent dans leur mouvement. Dans le premier cas, les deux tour-

billons tournent de manière à se diriger simultanément vers l'axe de la goutte allongée, pour regagner le pôle qui dégage le plus de gaz; dans le second, ils semblent partir du pôle qui dégage le moins de gaz, pour s'écarter simultanément de l'axe de la goutte en tourbillonnant. L'action est souvent très-vive, surtout avec le sulfate de fer. Dans tous les cas, ils annoncent bien qu'ils obéissent à une action mécanique très-énergique, et cette action mécanique ne peut être autre chose que celle qui résulte du dégagement des gaz; or c'est dans cette action elle-même qu'il faut rechercher, je crois, la cause des mouvements du mercure dont nous avons parlé en commençant.

» On comprend en effet que la goutte de mercure, se trouvant interposée entre les deux électrodes, est polarisée de deux manières différentes dans les deux parties qui y font face (1); par conséquent la partie de cette goutte la plus éloignée de l'électrode où se dégage le plus vivement le gaz dégage elle-même plus de gaz que l'autre partie, et subit, au moment de la naissance de celui-ci entre la couche d'eau et la couche de mercure, une pression circulaire, une sorte d'étranglement qui doit se traduire par l'allongement de la goutte de ce côté, et, quand les deux dégagements sont également forts sur les deux électrodes, ce qui arrive quelquefois dans certaines solutions qui ont beaucoup servi, les pressions se produisant à la fois sur les deux côtés opposés de la goutte, l'allongement de celle-ci s'effectue dans les deux sens, mais sans entraîner alors le déplacement de la goutte entière. Dans ces conditions, il arrive quelquefois que la goutte de mercure ainsi allongée pivote sur elle-même avec une grande vitesse. Il est probable que dans ces effets doivent intervenir l'accroissement de volume du mercure résultant de l'absorption du gaz hydrogène et l'action mécanique des courants liquides dont nous avons parlé.

» L'aplatissement de la goutte mercurielle et l'élargissement de sa surface en tous sens, quand l'une des électrodes est plongée au centre de cette goutte, s'explique d'une manière aussi facile : il suffit de considérer que, dans ce cas, la surface entière du mercure reçoit la pression des gaz qui s'y trouvent successivement développés en tous ses points, avant leur dégagement, leur absorption ou leur combinaison avec le mercure (2).

(1) On peut démontrer à l'œil cette polarité différente, en plaçant les deux électrodes dans de l'eau salée à côté de la goutte de mercure. Celle-ci présente alors deux couleurs très-tranchées qui la coupent par le milieu. L'une de ces couleurs est brune et correspond à l'électrode négative, l'autre est blanche et correspond à l'autre électrode.

(2) Pour que les expériences soient bien nettes et bien comparables, il faut faire usage de

» Quant aux effets différents qui résultent de l'accroissement de conductibilité des liquides, on s'en rend aisément compte si l'on considère que la partie du courant transmise directement par la masse du mercure devient alors très-peu intense, et par suite son action électrolytique est à peu près nulle. Dès lors les effets de pression ne peuvent s'y développer comme dans le cas d'une médiocre conductibilité des liquides ; d'un autre côté, il se forme alors du sulfate de mercure, et ce sel, étant réduit par l'hydrogène dégagé, place l'expérience dans le cas de celles que nous avons étudiées avec les solutions de sulfate de cuivre, de sulfate de fer, etc., etc. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Action dissolvante de la glycérine sur les oléates métalliques, les oléates calcaires et le sulfate de chaux.* Note de M. E. **Asselin**, présentée par M. Balard.

« La glycérine a reçu, dans ces dernières années, diverses applications industrielles importantes. Les tentatives faites pour l'appliquer sur les tissus de laine ont été nombreuses, mais stériles. On ignorait plusieurs des propriétés de ce corps.

» Nos recherches personnelles ont eu pour but principal de préciser le degré de solubilité dans la glycérine : 1° des savons métalliques, de magnésie, de chaux ; 2° des sous-savons (ou savons à excès de base) ; 3° du sulfate de chaux des eaux calcaires.

» Nous avons opéré sur des glycérines pures, exemptes de chaux, d'une densité de 1,114, et nous avons trouvé les chiffres suivants :

100	parties de glycérine dissolvent	0,71	savon de	fer.
100	» »	0,94	»	magnésie.
100	» »	1,18	»	chaux.

» Une série de recherches sur la dissolution des sous-savons métalliques et terreux qui imprégnent les fibres des laines dans les opérations du peignage nous a donné des chiffres variables, conséquence de leur composition mal définie. Ces sous-savons sont d'une émulsion facile dans une eau chargée de glycérine, et ils le sont d'autant plus que l'époque de leur formation est plus récente.

---

godets en porcelaine peu profonds, tels que ceux qu'emploient les aquarellistes pour délayer leurs couleurs. Sans doute les mouvements du mercure sont moins étendus que dans une rigole horizontale, comme l'a pratiqué M. Hughes, mais les effets sont plus réguliers et plus symétriques.

» Le sulfate de chaux, et notamment le composé $(CaO.SO^3)^2HO$, se dissolvent dans les proportions de 0,957 pour 100 parties de glycérine. De plus, contrairement à ce qui se passe avec l'eau pure, la courbe de solubilité croît avec l'élévation de la température.

» Tenant compte de ces faits et des propriétés hygrométriques de la glycérine, on aperçoit nettement le rôle qu'elle doit jouer dans le travail des laines. Son emploi raisonné et modéré permettra la fabrication des tissus à teintes unies, en couleurs claires, que l'on regarde comme impossibles à obtenir dans certains centres de fabrication.

» Le toucher, à la fois doux et nerveux, qu'elle communique aux laines donnera une supériorité réelle aux tissus engendrés par ces laines. L'emploi des eaux calcaires, auquel on se soustrait si rarement, réclame impérieusement l'intervention de la glycérine. Tel est le remède qui fera disparaître le reproche d'infériorité adressé à certaines fabrications de tissus français.

» Nous ajouterons que, dans le conditionnement de la laine, une opération simple et facile, le lavage à l'eau distillée, peut devenir nécessaire pour la reprise officielle de la surcharge qui pourrait être pratiquée frauduleusement par l'usage de la glycérine. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du chlorure de chloracétyle sur l'aniline et la toluidine;* Note de M. D. **Tommasi**, présentée par M. H. Sainte-Claire Deville.

« L'aniline et la toluidine peuvent, sous l'influence du chlorure d'acétyle monochloré, échanger un atome d'hydrogène contre un atome d'acétyle chloré, et donner naissance ainsi à deux nouveaux produits cristallisés, qui sont : la *phénylchloracétamide* $\left.\begin{matrix} C^6H^5 \\ H \\ C^2H^2ClO \end{matrix}\right\}Az$, et la *benzylchloracétamide* $\left.\begin{matrix} C^7H^7 \\ H \\ C^2H^2ClO \end{matrix}\right\}Az$.

» On obtient ces composés par un procédé tout à fait analogue à celui que j'ai indiqué pour la préparation de la chloracétylurée (1). La seule précaution à prendre, c'est de n'introduire l'aniline ou la toluidine que par petites quantités à la fois dans le chlorure d'acétyle monochloré refroidi. On emploie pour une molécule d'aniline ou de toluidine un peu plus d'une molécule de chlorure de chloracétyle.

(1) *Comptes rendus*, séance du 10 mars 1873.

» Les réactions qui donnent naissance à la phénylchloracétamide et à la benzylchloracétamide peuvent être représentées par les équations suivantes :

$$\left.\begin{matrix}(C^2H^2ClO)' \\ Cl\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}C^6H^3 \\ H \\ H\end{matrix}\right\} Az = \left.\begin{matrix}H \\ Cl\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}(C^6H^5)' \\ H \\ (C^2H^2ClO)'\end{matrix}\right\} Az.$$

$$\left.\begin{matrix}(C^2H^2ClO) \\ Cl\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}C^7H^7 \\ H \\ H\end{matrix}\right\} Az = \left.\begin{matrix}H \\ Cl\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}(C^7H^7)' \\ H \\ (C^2H^2ClO)'\end{matrix}\right\} Az.$$

» La phénylchloracétamide cristallise en aiguilles fines du sein de sa solution aqueuse; elle se dépose, de l'alcool, sous forme de tables mamelonnées. Elle fond à 97 degrés; à une température élevée, elle se sublime. L'éther et l'acide acétique se dissolvent à froid en assez grande proportion. Les acides sulfurique et chlorhydrique la dissolvent aisément à chaud. L'acide azotique bouillant transforme la phénylchloracétamide en un nouveau composé nitré qui n'a pas encore été analysé.

» L'analyse de la phénylchloracétamide a donné les résultats suivants :

	Calculé (C^8H^8ClOAz)	Trouvé.	
		I.	II.
Carbone	50,73	50,41	50,08
Hydrogène	4,71	4,83	5,13
Chlore	20,94	21,25	20,95
Azote	8,26	8,01	8,42
Oxygène	15,36	»	»

» La benzylchloracétamide cristallise en aiguilles prismatiques qui se subliment à 110 degrés et fondent à 162 degrés. Elle est insoluble dans l'eau froide, très-peu soluble dans l'eau bouillante. Les acides sulfurique et acétique la dissolvent faiblement à froid, en quantité assez notable à chaud. Elle est insoluble dans l'acide chlorhydrique. La benzylchloracétamide, sous l'influence de l'acide nitrique, paraît se convertir en un dérivé nitré.

» La benzylchloracétamide a fourni à l'analyse les nombres suivants :

	Calculé ($C^9H^{10}ClOAz$)	Trouvé.	
		I.	II.
Carbone	58,85	58,83	59,07
Hydrogène	5,44	5,62	5,59
Chlore	19,34	19,26	19,14
Azote	7,62	7,33	7,31
Oxygène	»	»	»

» Ce travail a été fait à la Sorbonne, au laboratoire de Chimie de M. Schützenberger. »

PHYSIOLOGIE. — *Des effets toxiques des iodures de tétraméthylammonium et de tétramylammonium.* Note de M. RABUTEAU, présentée par M. Ch. Robin.

« J'ai commencé récemment, sur les amines ou ammoniaques composées, des recherches que je me propose de publier plus tard; mais il est un fait qui m'a paru assez important pour être soumis dès à présent à l'Académie.

» Tandis que les sels des amines primaires, secondaires et tertiaires les plus diverses, depuis les méthylamines jusqu'à l'amiline et aux autres phénylamines, sont des substances comparables par leurs effets à ceux des composés ammoniacaux ordinaires, et qu'ils seraient, d'après mes recherches, des poisons musculaires à hautes doses, les sels dans lesquels tout l'hydrogène de l'ammonium est remplacé par des radicaux alcooliques, tels que les iodures de tétraméthylammonium et de tétramylammonium, paraissent être des poisons des nerfs de mouvement, c'est-à-dire des paralysomoteurs dont les effets sont complétement analogues à ceux du curare. Je citerai quelques expériences qui appuient cette proposition.

» *Iodure de tétraméthylammonium.* — Après avoir injecté dans les veines d'un chien 2 grammes de chlorhydrate de triméthylamine (chlorure de triméthylammonium) dissous dans 40 grammes d'eau, et après n'avoir observé qu'un léger ralentissement de la circulation et un léger abaissement de la température animale, je voulus injecter chez un autre chien la même dose d'iodure de tétraméthylammonium. (Ce sel est assez peu soluble dans l'eau, qui n'en prend guère qu'un vingtième de son poids à la température ordinaire). Or à peine le quart de la substance avait pénétré dans le torrent circulatoire que l'animal s'agita vivement, que les mouvements respiratoires cessèrent presque aussitôt, en même temps que le corps éprouvait un tremblement fibrillaire. Le cœur, qui s'était accéléré au début, se ralentit; il ne bat bientôt plus qu'une fois toutes les cinq ou six secondes, puis il s'arrête complétement au bout de quatre à cinq minutes, par conséquent bien longtemps après que tout mouvement respiratoire avait cessé, et que l'animal était réduit à l'état d'une masse inerte. Il s'agissait donc d'une substance infiniment plus active que les sels des amines primaires, secondaires et tertiaires et agissant plutôt en paralysant les nerfs moteurs qu'en paralysant, comme ces derniers sels, le système musculaire, puisque le cœur ne s'était arrêté qu'après la suspension de la respiration.

» Chez un autre chien de forte taille, 25 centigrammes d'iodure de tétraméthylammonium sont injectés, à l'aide d'une seringue de Pravaz, sous la

peau de la poitrine, en cinq points différents. Immédiatement après l'opération, les battements cardiaques s'accélèrent; l'animal a de la salivation; ses pupilles sont énormément dilatées; la respiration devient plus forte et pénible; un thermomètre qui, introduit dans le rectum, marquait 39°,2 avant le début de l'expérience, marque bientôt 39°,4. L'animal est détaché, mais il ne peut plus se mouvoir; il fait de vains efforts pour se traîner sur le sol; les membres postérieurs sont plus atteints que les membres antérieurs. Il a conservé toute son intelligence; il est sensible, car les piqûres font naître des mouvements dans les membres qui ne sont pas complétement paralysés sous l'influence de la dose injectée. Enfin le rétablissement a lieu au bout d'une demi-heure, ce qui indique que le poison doit s'éliminer vite.

» Ces symptômes sont, comme on le voit, tout à fait semblables à ceux que produit le curare. On remarque la persistance des battements cardiaques, alors que les mouvements volontaires ne peuvent s'effectuer, que la respiration est pénible; on remarque la dilatation de la pupille, enfin une élévation légère de la température animale; mais, pour mieux étudier les phénomènes, j'ai fait d'autres expériences, telles que les suivantes :

» Deux grenouilles ont chacune une cuisse liée fortement, moins le nerf sciatique. Je leur injecte, sous la peau du dos, à l'une 5 gouttes, à l'autre 10 gouttes d'une solution concentrée d'iodure de tétraméthylammonium. L'empoisonnement commence au bout de deux ou trois minutes; il n'est complet, ou presque complet, qu'au bout d'un quart d'heure à vingt minutes. A ce moment, l'excitation exercée en un point quelconque du corps ne sollicite aucun mouvement, excepté dans la patte préservée du poison par la ligature. Si, par exemple, on pince les grenouilles, si on leur touche les yeux avec une baguette humectée d'acide acétique, rien ne se produit dans les parties empoisonnées, les paupières ne se ferment pas, mais la patte préservée de la substance toxique se contracte plus ou moins vivement. La sensibilité existe donc, mais le mouvement se trouve aboli dans les parties atteintes par le poison. En excitant le nerf sciatique de la patte préservée, on provoque de vives contractions, tandis qu'en touchant le nerf sciatique de la patte empoisonnée on n'en provoque pas. Enfin les muscles, qui ne se contractent plus lorsqu'on excite leurs nerfs, se contractent au contraire sous l'influence de l'électricité appliquée directement sur eux.

» Ces faits, joints à ceux que j'ai observés chez les chiens, prouvent : 1° que l'iodure de triméthylammonium est un poison énergique; 2° qu'il paralyse les extrémités des nerfs moteurs; 3° qu'il respecte la sensibilité et

la contractilité musculaire. Or ces résultats sont exactement ceux que l'on observe dans l'empoisonnement par le curare, d'après les belles recherches de M. Cl. Bernard. Toutefois, lorsque les doses sont très-fortes, la contractilité musculaire finit par s'éteindre; c'est pourquoi j'ai cru, à un certain moment, que le poison en question était un poison musculaire; mais l'arrêt de la respiration devançant l'arrêt du cœur m'a fait rejeter cette opinion, attendu que les poisons musculaires introduits dans la circulation générale influencent surtout le cœur, parce qu'il leur livre sans cesse passage et que, d'après la remarque de M. Ch. Legros, les fibres de cet organe sont mises d'autant plus facilement en contact avec eux qu'elles sont dépourvues de myolemme.

» *Iodure de tétramylammonium.* — Ce composé, qui est assez soluble dans l'eau bouillante, est presque insoluble dans l'eau froide; aussi faut-il injecter, chez les grenouilles, au moins 20 gouttes d'une solution aqueuse saturée à la température ordinaire pour amener la mort, qui arrive d'une manière beaucoup plus lente que sous l'influence de 3 à 4 gouttes seulement d'une solution saturée de tétraméthylammonium à la même température. Les symptômes observés sont du même ordre que ceux qui ont été signalés précédemment, de sorte que ce composé analytique est un poison paralysomoteur au même titre que le composé méthylique.

» Ainsi les sels de tétramylammonium et de tétraméthylammonium, tels que leurs iodures

$$\left.\begin{matrix}CH^3\\CH^3\\CH^3\\CH^3\end{matrix}\right\}AzI \quad \text{et} \quad \left.\begin{matrix}C^5H^{11}\\C^5H^{11}\\C^5H^{11}\\C^5H^{11}\end{matrix}\right\}AzI,$$

sont des poisons actifs, tandis que le chlorhydrate de triméthylamine,

$$\left.\begin{matrix}CH^3\\CH^3\\CH^3\\H\end{matrix}\right\}AzCl,$$

ne l'est pas. Ce qui frappe dans ces résultats, c'est que la substitution de CH^3 à tout l'hydrogène de l'ammonium transforme un composé peu actif en un autre, qui est éminemment toxique et agit comme le curare. Toutefois ce fait ne doit pas étonner complétement, si l'on se rappelle que les composés obtenus en traitant divers alcaloïdes par les éthers iodhydriques produisent des effets analogues. Ainsi l'iodure de méthylstrychnium est un paralysomoteur.

» Tels sont les résultats de mes premières recherches. Il est présumable que les sels de tétréthylammonium, de tétrapropylammonium, de tétrabutylammonium et, sans doute, ceux qui correspondent à d'autres alcools, produiront des effets semblables. S'il en est ainsi, j'aurai signalé un groupe nouveau et très-nombreux de poisons curariques.

» Mes expériences ont été faites, dans le laboratoire de M. Robin, en partie avec l'aide de M. Ch. Legros, professeur agrégé, avec des iodures de tétraméthyle et de tétramylammonium qui m'ont été remis par M. Frédéric Würtz, de la Pharmacie centrale de France, qui les avait préparés lui-même. »

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge du soulèvement du mont Lozère.* Note de M. **G. Fabre**, présentée par M. Daubrée.

« Le mont Lozère constitue un vaste plateau d'une altitude moyenne de 1400 mètres, et d'une superficie d'environ 300 kilomètres carrés; c'est la protubérance granitique la plus élevée de la France centrale. La ligne de faîte, presque rectiligne, est dirigée 106 degrés (1) avec une hauteur moyenne de 1600 mètres; sur un parcours de plus de 20 kilomètres, elle ne s'abaisse pas au-dessous de la cote 1550; il s'élève jusqu'à 1702 mètres.

» Tout autour de ce haut plateau, et à un niveau inférieur, sont disséminés divers lambeaux de terrain jurassique, témoins évidents d'un dépôt jadis continu. Ils ont été en partie signalés par les géologues (2), mais, d'après nos observations, ils se relient entre eux d'une façon bien plus intime qu'on ne le croyait, et en définitive ils ne manquent absolument que sur 18 kilomètres, entre le col de Champlong (Lozère) et le Chaylard (Gard), c'est-à-dire dans une partie de la chaîne des Cévennes où les dénudations ont attaqué très-profondément la masse même des roches cristallines, et où, par conséquent, il ne peut rester aucune trace de terrains sédimentaires.

» Au premier abord, il semble naturel de considérer ce plateau élevé du mont Lozère comme ayant formé une île jurassique; telle est en effet

(1) Les angles sont comptés de zéro à 180 degrés à partir du nord vrai, dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre.

(2) Dufrénoy et E. de Beaumont, *Carte géologique de France.* — E. Dumas, *Carte géologique du département du Gard.* — Lan, *Mémoire sur les filons des Cévennes* (*Ann. des Mines*, t. VI, 5e série; 1854).

l'opinion générale, reproduite dans les ouvrages les plus récents (1). Nos études dans cette région nous ont amené à des conclusions entièrement opposées, fondées principalement sur une série de coupes perpendiculaires à l'axe de la chaîne, et sur les trois faits suivants, faciles à vérifier :

» 1° Les divers dépôts jurassiques sont presque horizontaux, quoique à des altitudes très-différentes;

» 2° Ils butent tous par faille contre le massif des roches cristallines;

» 3° Ils n'offrent nulle part le faciès littoral.

» Nous présentons ici quelques détails explicatifs sur ces trois propositions :

» 1° Sans insister sur l'allure généralement horizontale des strates jurassiques, nous ferons remarquer que les altitudes d'une même couche sont très-variables, selon la région où on la considère, et peuvent différer de plus de 500 mètres. Ainsi les grès infra-liasiques sont aux cotes moyennes suivantes :

Région de Villefort	840m	
Région du Bleymard	1100	
Montagnes de Mercoire	1470	
Plateau des Salesses	1390	
Col de la Loubière (faille)	1185	et 870
Col de Montmirat (faille)	550	et 1045
Plateau des Faux	1180	
Col de Champlong	1120	
Château de Chaylard (Gard)	550	

» Le passage d'une région à la voisine se fait par des failles, dont l'orientation (106 degrés) détermine celle de la crête de la montagne.

» Si donc toutes les régions qui entourent le mont Lozère ont ainsi éprouvé des dénivellations considérables depuis l'époque jurassique, il serait, pour le moins, surprenant que la région centrale seule eût été à l'abri de ces mouvements. L'observation attentive du plateau granitique permet de reconnaître en effet, à travers les nombreuses irrégularités de relief dues aux dénudations postérieures, plusieurs longs escarpements parallèles à la crête et dont le plus important s'étend pendant 20 kilomètres depuis la Fage jusqu'à l'Hôpital; ce sont évidemment là des failles secondaires. Comme, d'autre part, le sommet de la montagne (1702 mètres) ne domine les dépôts sédimentaires les plus élevés (1470 mètres) que d'une quantité

(1) Jaubert, *Bull. de la Société géologique de France*, t. XXVI, 2e série, p. 216. — Delesse, *Lithologie du fond des mers*.

bien inférieure aux différences locales de niveau que présentent les dépôts eux-mêmes d'une région à l'autre, on est en droit de présumer que le plateau du mont Lozère a dû jadis supporter quelque dépôt jurassique.

» 2° Cette idée trouve une confirmation éclatante dans l'examen détaillé des relations de contact des couches jurassiques avec le massif cristallin; partout ce contact se fait par faille.

» Ainsi, au nord du massif, une longue et importante fracture (*faille d'Orcières*, orientée 106 degrés) fait buter toute la série jurassique contre les micaschistes pendant plus de 40 kilomètres; cette disposition présente un caractère de netteté remarquable quand, du haut des montagnes qui dominent Villefort, on regarde vers l'ouest tous les petits plateaux calcaires que recoupe l'ancienne route nationale; on voit alors les couches jurassiques horizontales s'étendre au pied d'une sorte de falaise qui jalonne tous les dépôts depuis Mende jusqu'aux Vans. C'est même cet aspect général qui a dû induire les géologues en erreur, et qui leur a fait croire à l'existence ancienne d'un détroit jurassique.

» Du côté de l'ouest, une grande faille (*faille du Valdonnès*, orientée 25 degrés) se profile pendant 11 kilomètres, depuis Vitrolles jusqu'au col de Montmirat, en dessinant les escarpements abruptes qui dominent de 400 mètres environ les hameaux de Vareilles et de Vantaillac. Au col même de Montmirat, l'infra-lias se trouve au niveau des dolomies de l'oolithe inférieure; ce contact anomal permet de fixer à 500 mètres environ la dénivellation produite.

» Enfin, sur le versant méridional, le mont Lozère est constitué par deux immenses gradins qui s'élèvent respectivement à 1200 et 1500 mètres et offrent des escarpements orientés comme la ligne de faîte. Le gradin le plus élevé est exclusivement granitique et forme la région des hauts pâturages; l'autre est en partie jurassique, et les strates horizontales qui le constituent butent par faille contre le granite, le long de la route départementale, depuis les Faux jusqu'à Runes.

» En définitive, le relief de tout ce massif montagneux paraît dû à un système de failles parallèles (106 degrés) coupé brusquement vers l'ouest par une fracture presque perpendiculaire (faille du Valdonnès, 25 degrés).

» 3° Si, comme nous venons de l'indiquer, les preuves tirées de l'allure même des dépôts de sédiment tendent à rattacher le soulèvement du mont Lozère à une époque postérieure au terrain jurassique, l'étude de la constitution même de ces dépôts implique forcément la même conclusion.

» Dans l'hypothèse du plateau granitique formant île dans la mer jurassique on devrait, en effet, sinon retrouver dans les strates quelques vestiges des anciens rivages, du moins y apercevoir les preuves du voisinage d'une terre émergée; or il n'en est rien. Bien plus, et pour ne citer qu'un exemple, les calcaires à fucoïdes, qui constituent à eux seuls la base de l'oolithe inférieure (zone à *A. Murchisonæ*), conservent leur épaisseur normale (50 mètres) aux abords du mont Lozère, et n'y perdent en rien le faciès pélagique qui les caractérise.

» Des considérations analogues s'appliquent avec autant de force à l'étage supérieur de l'infra-lias; de sorte que l'ensemble des preuves qui précèdent permet d'affirmer que la mer jurassique a dû recouvrir le mont Lozère à ces différentes époques.

» Si l'on cherche à préciser davantage l'âge probable du soulèvement du mont Lozère, il importe de faire une distinction entre le moment de l'émersion définitive de la région et celui où elle a acquis son relief actuel.

» L'émersion du sol a dû s'effectuer vers la fin de l'époque bajocienne, et a persisté pendant toutes les époques géologiques suivantes; mais le véritable relief est dû aux grandes failles que nous avons signalées. Ces fractures sont parallèles, les unes au *système des Pyrénées* (dirigé à Vialas, 107° 42′ 30″), les autres au *système des Alpes occidentales* (dirigé à Vialas, 25° 46′ 18″); on est donc conduit à placer la formation du puissant relief de cette région vers le milieu de l'époque tertiaire. Cet âge, relativement récent, rend du reste parfaitement compte de la netteté actuelle des grands traits orographiques, à peine masqués par les dénudations postérieures.

» Nous résumons les principaux résultats des études qui précèdent par les conclusions suivantes :

» 1° *Le plateau granitique du mont Lozère, point le plus élevé qu'atteignent les roches cristallines dans la France centrale (1702 mètres), a dû être recouvert par la mer jurassique aux époques de l'infra-lias et de l'oolithe inférieure.*

» 2° *Le soulèvement de cette région doit être rapporté aux systèmes des Pyrénées et des Alpes occidentales.* »

HYGIÈNE PUBLIQUE. — *Note concernant les eaux publiques de Toulouse;* par M. G. GRIMAUD (DE CAUX). (Extrait.)

« A l'époque à laquelle remonte l'établissement des fontaines de Toulouse, en 1817, le chiffre de la population était de 50 000 habitants. On fixa

les besoins à 80 litres par tête : c'était 4000 mètres cubes à distribuer par jour. La Garonne fut chargée de les fournir; mais les eaux ne sont pas toujours claires; avoir de l'eau claire, tel fut, en ce qui concerne le côté hygiénique de la question, le seul point dont on se préoccupa. On supposa — cela s'était pratiqué ailleurs — qu'en creusant une galerie sur les bords de la rivière, on attirerait les eaux à travers le gravier intermédiaire, et que ces eaux attirées laisseraient les matières troublantes dans les interstices. Quant à l'œuvre d'art, elle se compose d'un système de roues hydrauliques et de pompes, avec leurs accessoires; d'un château d'eau pour renfermer le tout, et enfin d'un réseau de conduites amenant l'eau dans les diverses parties de la ville. Le plan ainsi exécuté, quelles ont été les suites?

» A Toulouse, l'eau de la Garonne est excellente. Elle fournit, par litre, seulement 13 centigrammes de matières fixes, tandis que l'eau des anciennes fontaines et des puits contient depuis 50 jusqu'à 80 de ces mêmes matières. Si l'on prend cette eau, telle que la rivière la fournit, et qu'on la laisse déposer, ou bien qu'on la fasse passer à travers une couche de substances inertes, on a une eau claire, tout à fait irréprochable, aussi longtemps que le principe relatif à l'inertie, à la neutralité, qui doivent constituer le caractère fondamental de toute matière filtrante, n'aura point été offensé. L'eau participe toujours des qualités du terrain à travers lequel elle coule : *tales sunt aquæ, qualis est terra per quam fluunt,* a dit Pline l'Ancien. Les ingénieurs qui ignorent ce fait capital, ou qui négligent de le respecter, s'exposent à des échecs d'autant plus regrettables qu'ils intéressent surtout la santé des populations. En 1839, à Vienne (Autriche), on creusa un égout principal dans l'un des faubourgs; on avait bouché les affluents; de grandes pluies survinrent, engorgèrent ces derniers; les matières qu'ils charriaient pénétrèrent dans le sol, et tous les puits d'alentour furent infectés. Une épidémie instantanée de fièvre typhoïde emporta, en quinze jours, plus de mille personnes.

» A Toulouse, comme il a été dit, pour clarifier l'eau de la Garonne, on l'a soutirée à la rivière, à travers le gravier : à quelques mètres du rivage, on a creusé une première galerie, puis une deuxième et une troisième, pour suppléer à l'insuffisance des produits de la filtration. L'état des choses a duré ainsi plusieurs années à la satisfaction générale. Depuis lors, la population a augmenté, au point que, au lieu de 50000 âmes, il en faut abreuver aujourd'hui 126000; de là, nécessité d'amener une quantité d'eau plus considérable. Des galeries nouvelles ont été construites, sur une échelle plus

grande; mais l'eau ne s'est plus rencontrée de la même qualité; en passant à travers le gravier, elle a contracté des qualités mauvaises.

» Une Commission réunie pour porter remède au mal a proposé de pratiquer encore des galeries, mais dans une localité différente, dans les graviers de Portet. Le problème sera-t-il résolu? Peut-être; mais pour un temps seulement. Quand les graviers seront obstrués, il faudra recommencer; et puis comment empêcher qu'il s'y forme ces *bissus* qui inquiétaient déjà M. d'Aubuisson (*Histoire de l'établissement des fontaines à Toulouse*, p. 39), ces *bissus* qui, certainement, ne sont point étrangers au mal qui a été signalé et qu'on cherche à guérir aujourd'hui.

» Quand il s'agit d'alimenter une population, il faut prendre l'eau où elle est, au fleuve même, et sans lui opposer d'obstacles dont on ne serait pas les maîtres. Il ne faut pas lui faire traverser des terrains exposés à être contaminés par des remaniements suspects, qu'on ne saurait prévoir ou empêcher. Une rivière comme la Garonne rend le problème facile à résoudre. La brochure d'Aubuisson de Voisins contient elle-même les éléments d'une solution complète.

» L'exemple suivant n'est peut-être pas non plus sans analogie avec ce qu'il conviendrait de faire dans le cas précédent. Les eaux de la *Brenta* alimentent, à la *Mira*, un petit canal découvert qu'on appelle la *Seriola;* après un parcours d'environ 8 kilomètres, ce canal vient déboucher par cinq cannelles en bois dans la lagune de Venise, aux environs de *Fusine*. C'est là que viennent se remplir d'eau les barques destinées à suppléer à l'eau de pluie dans les citernes, quand la sécheresse se prolonge. L'eau de la *Brenta* varie dans sa limpidité, comme celle de la Garonne. En toute saison la température du pays diffère peu de la température de Toulouse. Eh bien! en aucune ville du monde on ne peut boire une eau plus limpide, plus salubre et plus rafraîchissante, c'est-à-dire plus désaltérante, mouillant plus agréablement le palais, que l'eau des citernes de Venise.

» En résumé, pour Toulouse, il faut calculer la distribution de ses eaux publiques à raison de 100 litres par tête, en prenant pour base une population de 200 000 âmes. On aurait ainsi 20 000 mètres cubes par jour, soit un peu moins de 250 litres par seconde, à dériver de la Garonne.

» Le lieu d'élection étant déterminé, la section du canal d'amenée, calculée sur cette quantité d'eau, n'est plus qu'une affaire d'équation, dont toutes les données sont fournies par les circonstances locales. »

« M. **Milne Edwards** présente un travail très-considérable de M. *Alexandre Agassiz*, imprimé en anglais, sur l'ordre des Échinodermes. L'auteur s'est occupé principalement de la distribution géographique de ces animaux, et il est arrivé ainsi à des résultats fort intéressants. »

A 5 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures trois quarts. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu, dans la séance du 7 avril 1873, les ouvrages dont les titres suivent :

Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse; 7e année, 1er fascicule, 20-27 novembre 1872. Paris, E. Savy, 1873; in-8°.

Société linnéenne du nord de la France. Bulletin mensuel; nos 5 à 9, 1re année. Amiens, imp. Lenoel-Hérouart, 1873; 5 nos in-8°.

Bulletin du Comice agricole de l'arrondissement de Narbonne; t. VII, feuille 3. Sans lieu ni date; br. in-8°.

La Marine et les Chemins de fer. Montpellier, 1866, imp. lith. Nelson; br. in-4°, autographiée. (Extrait du *Messager du Midi.*)

Notice historique sur les inventions et les perfectionnements faits à Genève dans le champ de l'Industrie et dans celui de la Médecine; par E.-F. Wartmann. Genève, Bâle, Lyon, Georg, 1873; in-8°.

L'homme et les animaux des cavernes des basses Cévennes; par M. A. Jeanjean. Nîmes, imp. Clavel-Ballivet et Cie, 1871; br. in-8°. (Extrait des *Mémoires de l'Académie du Gard.*)

Agronomie et Géologie agricole. Les amendements et les engrais minéraux appliqués au sol des Cévennes; par M. Ad. Jeanjean. Le Vigan, imp. A. Argelliès, 1872; in-8°.

Rapport sur les mesures sanitaires à prendre pour le transport des corps des personnes qui doivent être inhumées hors Paris et hors du ressort de la Préfecture de police, par une Commission composée de MM. Baube, Boutron, Bussy, Chevallier, Duchesne, Lasnier, Peligot et Devergie rapporteur. Paris, Boucquin, 1869; in-4°.

De la désinfection de la Morgue de Paris au moyen d'irrigation d'eau additionnée de un deux-millième d'acide phénique; par M. A. DEVERGIE. Paris, imp. Martinet, sans date; épreuves in-8°. (Extrait des *Annales d'hygiène et de médecine légale.*)

Le premier Chapitre de l'Histoire de Toulouse. Toulouse, imp. Rives et Privat. (Extrait du *Compte rendu de la séance de l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse.*)

Les Merveilles de l'Industrie; par L. FIGUIER; 4ᵉ série : *la Porcelaine.* Paris, Furne et Cie, 1873; grand in-8°, illustré.

Les fonds de la mer. Étude internationale sur les particularités nouvelles des régions sous-marines, dirigée par MM. FISCHER, FOLIN *et* PÉRIER; t. II, feuilles 1 à 4, avec planches. Paris, Savy, 1872; in-8°.

Illustrated Catalogue of the Museum of comparative Zoology, at Harvard College, n° VII. *Revision of the Echini; by* Alex. AGASSIZ; parts I-II, with forty-nine plates. University press, Cambridge, Welch, Bigelow, 1872; in-4°, texte et planches.

Annual report of the trustees of the Museum of comparative Zoology at Harvard College, in Cambridge: together with the report of the Director for 1871. Boston, Wright et Potter, 1872; br. in-8°.

Alex. AGASSIZ. *Application of Photography to illustration of natural History,* with two figures. Printed by the Albert and Wodsbury Processes. Cambridge, 1871; opuscule in-8°, avec photographie.

The pharmaceutical Journal and transactions; december 1872, january, february 1873. London, J. and A. Churchill, 1873; 3 nos in-8°.

Journal of the chemical Society; november-december 1872, january 1873. London, J. van Voorst, 1872-1873; 3 nos in-8°.

Proceedings of the London mathematical Society; nos 50-51. London, sans date; br. in-8°.

The normal products of hepatic action; by D.-J.-C. MACVICAR; parts I-II. Edinburgh, printed by Oliver and Boyd. (Cet ouvrage est adressé au Concours Barbier, 1873.)

On the lunar diurnal variation of magnetic declination at Trevandrum, near the magnetic equator, etc.; by J.-A. BROUN. Edinburgh, 1872; in-4°. (From the *Transactions of the Royal Society of Edinburgh,* vol. XXVI.)

Sveriges geologiska undersökning, 36 à 45. Stockholm, P.-A. Norstedt et Söner, 1870-1871; 10 br. in-8°, avec cartes grand aigle.

Sveriges geologiska undersökning. En geognostisk Profil öfver den Skandinaviska fjällryggen mellan östersund och levanger of A. Törnebohm. Stockholm, 1872, P.-A. Norstedt et Söner; br. in-8°.

Vocabulario poliglotto di geografia, etc.; per C. Mensinger, con prefazione di B.-E. Maineri. Milano, tip. Bernardoni, 1870; 1 vol. in-8°.

Di una nuova forma di elettrocalamita atta ad accressere grandemente l'effetto dell' elettricità come forza motrice; per F. del Giudice. Napoli, G. Nobile, 1873; in-4°.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PAR L'ACADÉMIE
PENDANT LE MOIS DE MARS 1873.

Annales de l'Agriculture française; février 1873; in-8°.

Annales de la Société d'Hydrologie médicale de Paris; 5e liv., 1873; in-8°.

Annales de l'Observatoire Météorologique de Bruxelles; n° 12, 1872; n° 1, 1873; in-4°.

Annales des Conducteurs des Ponts et Chaussées; février 1873; in-8°.

Annales du Génie civil; mars 1873; in-8°.

Annales industrielles; nos 10 à 13, 1873; in-4°.

Annuaire de la Société Météorologique de France; Tables météorologiques, feuilles 1 à 4, 1873; in-8°.

Association Scientifique de France; Bulletin hebdomadaire, nos des 2, 9, 16, 23, 30 mars 1873; in-8°.

Atti dell'Accademia pontificia de' Nuovi Lincei; 19 gennaio 1873; in-4°.

Bibliothèque universelle et Revue suisse; n° 183, 1873; in-8°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine de Belgique; t. VII, nos 1 et 2, 1873; in-8°.

Bulletin de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique; n° 2, 1873; in-8°.

Bulletin de la Société Botanique de France; Revue bibliographique D, 1873; in-8°.

Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale; avril 1873; in-4°.

Bulletin de la Société de Géographie; février 1873; in-8°.

Bulletin de la Société française de Photographie; n° 2, 1873; in-8°.

Bulletin de la Société Géologique de France; n° 1, 1873; in-8°.

Bulletin de Statistique municipale; avril 1873; in-4°.

Bulletin général de Thérapeutique; n^{os} des 15 et 30 mars 1873; in-8°.

Bulletin mensuel de la Société des Agriculteurs de France; n° 3, 1873; in-8°.

Bullettino meteorologico dell' Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto, t. VIII, n° 1, 1873; in-4°.

Bullettino meteorologico del R. Osservatorio del Collegio romano; t. XII, n° 2, 1873; in-4°.

Chronique de l'Industrie; n°s 57 à 60, 1873; in-4°.

Gazette de Joulin, 1er avril 1873; in-8°.

Gazette des Hôpitaux; n°s 27 à 38, 1873; in-4°.

Gazette médicale de Paris; n°s 10 à 13, 1873; in-4°.

Il Nuovo Cimento... *Journal de Physique, de Chimie et d'Histoire naturelle;* novembre et décembre 1872; in-8°.

Journal de Médecine vétérinaire militaire; janvier 1873; in-8°.

Journal d'Agriculture pratique; n°s 10 à 13, 1873; in-8°.

Journal de l'Agriculture; n°s 204 à 207, 1873; in-8°.

Journal de l'Éclairage au Gaz; n°s 5 et 6, 1873; in-4°.

Journal de Mathématiques pures et appliquées; avril 1873; in-4°.

Journal de Pharmacie et de Chimie; mars 1873; in-8°.

Journal des Connaissances médicales et pharmaceutiques; 15 et 30 mars 1873; in-8°.

Journal des Fabricants de Sucre; n°s 47 à 50, 1873; in-folio.

Journal de Physique théorique et appliquée; mars 1873; in-8°.

Kaiserliche... *Académie impériale des Sciences de Vienne;* n°s 4, 5, 6, 1873; in-8°.

La Revue scientifique; n°s 37 à 39, 1873; in-4°.

L'Abeille médicale; n°s 10 à 13, 1873; in-4°.

L'Aéronaute; mars 1873; in-8°.

L'Art dentaire; mars 1873; in-8°.

L'Imprimerie; février 1873; in-4°.

Le Gaz; n° 9, 1873; in-4°.

Le Messager agricole; n° 2, 1873; in-8°.

Le Moniteur de la Photographie; n° 5, 1873; in-4°.

Le Moniteur scientifique-Quesneville; mars 1873; gr. in-8°.

Les Mondes; nos 10 à 13, 1873; in-8°.

La Revue médicale française et étrangère; nos des 1, 8, 15, 22, 29 mars 1873; in-8°.

Magasin pittoresque; mars 1873; in-4°.

Marseille médical; nos 3, 1872; in-8°.

Matériaux pour l'histoire positive et philosophique de l'homme; octobre, novembre et décembre 1873; in-8°.

Montpellier médical. Journal mensuel de Médecine; mars 1873; in-8°.

Nouvelles Annales de Mathématiques; mars 1873; in-8°.

Répertoire de Pharmacie; nos 5 et 6, 1873; in-8°.

Revue bibliographique universelle; mars 1873; in-8°.

Revue des Eaux et Forêts; mars 1873; in-8°.

Revue de Thérapeutique médico-chirurgicale; nos 6 et 7, 1873; in-8°.

Revue hebdomadaire de Chimie scientifique et industrielle; nos 12, 13, 14, 1873; in-8°.

Revue maritime et coloniale; mars 1873; in-8°.

Rendiconto della R. Accademia delle Scienze fisiche e matematiche; Napoli, n° 2, 1873; in-4°.

Société d'Encouragement. Comptes rendus des séances; nos 4, 5, 1873; in-8°.

Société des Ingénieurs civils; feuilles 4, 5, 1873; in-4°.

The Journal of the Franklin Institute; janvier 1873; in-8°.

The Food Journal; nos 38, 1873; in-8°.